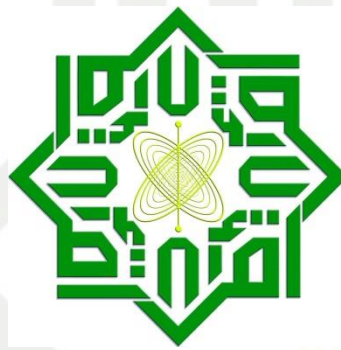




PERANCANGAN SISTEM PROTEKSI PETIR INTERNAL PADA GEDUNG REKTORAT UIN SUSKA RIAU

TUGAS AKHIR

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat
untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada Program Studi Teknik Elektro



Oleh :

ROSMANIDAR

11355202286

**PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SULTAN SYARIF KASIM RIAU

PEKANBARU

2021

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



LEMBAR PERSETUJUAN

PERANCANGAN SISTEM PROTEKSI PETIR INTERNAL PADA GEDUNG REKTORAT UIN SUSKA RIAU

TUGAS AKHIR

Oleh :

ROSMANIDAR

11355202286

Telah diperiksa dan disetujui sebagai laporan Tugas Akhir Jurusan Teknik Elektro di
Pekanbaru, pada tanggal 25 Februari 2021

Ketua Program Studi Teknik Elektro

Ewi Ismaredah, S.Kom., M.Kom.

NIP : 19750922 200912 2 002

Pembimbing

Dr. Alex Wenda, ST., M.Eng.

NIP : 19780126 200710 1 001

UIN SUSKA RIAU



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masa
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

LEMBAR PENGESAHAN

**PERANCANGAN SISTEM PROTEKSI PETIR INTERNAL PADA
GEDUNG REKTORAT UIN SUSKA RIAU**

TUGAS AKHIR

Oleh :

ROSMANIDAR

11355202286

Telah dipertahankan di depan Sidang Dewan Penguji
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
di Pekanbaru, pada tanggal 25 Februari 2021

Mengesahkan,



Drs. Ahmad Darmawi, M.Ag.

NIP : 19660604 199203 1 004

Ketua Program Studi

Ewi Ismaredah, S.Kom., M.Kom.

NIP : 19750922 200912 2 002

DEWAN PENGUJI :

Ketua : Dr. Harris Simaremare, ST., MT.

Sekretaris : Dr. Alex Wenda, ST., M.Eng.

Anggota I : Dr. Liliana, ST., M.Eng.

Anggota II : Susi Afriani, ST., MT.



LEMBAR HAK ATAS KEKAYAAN INTELEKTUAL

Tugas Akhir yang tidak diterbitkan ini terdaftar dan tersedia di Perpustakaan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau dan terbuka untuk umum dengan ketentuan bahwa hak cipta ada pada penulis. Referensi kepustakaan diperkenankan dicatat, tetapi pengutipan atau ringkasan hanya dapat dilakukan dengan mengikuti kaidah pengutipan yang berlaku.

Penggandaan atau penerbitan sebagian atau seluruh Tugas Akhir ini harus izin dari Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Perpustakaan yang meminjamkan Tugas Akhir untuk anggotanya diharapkan untuk mengisi nama, tanda peminjaman, dan tanggal pinjam.

© Hak Cipta Intelektual UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim

Hak Cipta Intelektual UIN Suska Riau

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masa
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa di dalam Tugas Akhir ini tidak terdapat karya yang pernah diajukan oleh saya maupun orang lain untuk keperluan lain dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak memuat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali disebutkan dalam referensi dan di dalam daftar pustaka.

Saya bersedia menerima sanksi jika pernyataan ini tidak sesuai dengan yang sebenarnya.

Pekanbaru, 25 Februari 2021

Yang membuat pernyataan,

ROSMANIDAR

NIM : 11355202286

1. Dilarang mengutip atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masa
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



LEMBAR PERSEMBAHAN

Segala puji dan syukur diucapkan kehadirat Allah SWT yang selalu memberikan nikmat, rahmat dan karunia-Nya sehingga saya masih diberikan kesempatan untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini. Shalawat serta salam tak lupa pula saya ucapkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah mengajarkan kita sebagai umatnya akan pentingnya menuntut ilmu dan beribadah dalam mencari ridha Allah SWT untuk keselamatan dunia dan akhirat.

Saya persembahkan Tugas Akhir ini kepada seluruh keluarga besar, terutama untuk Ayah dan Ibu tercinta yang telah memberi kesempatan, kepercayaan, dan dukungan yang tak terhitung nilainya demi masa depan saya dalam menempuh pendidikan yang lebih tinggi untuk menggapai cita-cita. Tugas Akhir ini akan menjadi langkah awal keberhasilan dan perjuangan demi menggapai masa depan yang lebih baik.

Rasa terimakasih yang sangat dalam saya ucapkan kepada Ayah, Ibu, Kakak dan Adik, serta keluarga besar dan rekan-rekan seperjuangan. Semoga Allah SWT membalas kalian semua dengan pahala yang berlipat ganda.

- © Hak Cipta dilindungi undang-undang
UIN SUSKA RIAU
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruhnya dan menyalin dalam bentuk apa pun untuk disebarluaskan atau untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



PERANCANGAN SISTEM PROTEKSI PETIR INTERNAL PADA GEDUNG REKTORAT UIN SUSKA RIAU

ROSMANIDAR

NIM : 11355202286

Tanggal Sidang : 25 Februari 2021

Program Studi Teknik Elektro

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau

Jl. Soebrantas No. 155 Pekanbaru

ABSTRAK

Dalam penelitian ini dilakukan perancangan suatu sistem proteksi petir internal pada Gedung Rektorat UIN SUSKA RIAU. Tujuannya adalah untuk melindungi peralatan listrik dan elektronik pada setiap ruangan yang sangat sensitif terhadap sambaran petir. Tahap pertama yang dilakukan adalah menjelaskan identifikasi fungsi setiap ruangan yang ada agar dapat mengetahui seberapa tingkat keperluan proteksi petir. Gedung Rektorat berada pada sistem proteksi tingkat III dimana arus puncak petirnya sebesar 100 kA dan gelombang berjalan sebesar 0,14 kV. Untuk menentukan seberapa pentingnya proteksi petir untuk peralatan elektronik di setiap ruang yang ada pada rektorat maka perlu melakukan pembagian zona proteksi petir. Setelah mengetahui pembagian zona proteksi petir maka perlu dipasang arrester secara bertingkat yang sudah sesuai dengan standar SNI 03-7015-2004. *Arrester* kelas B diletakkan pada jalur instalasi listrik atau di panel MDP, kemudian kelas C dipasang di panel pembagi SDP, kemudian arrester kelas D dipasang pada stop kontak agar bisa lebih dekat dengan peralatan elektronik. Untuk menghilangkan beda tegangan pada pembumian maka perlu dipasang *bonding equipotensial* yang dijadikan satu titik pembumian.

Kata Kunci : Proteksi Petir Internal, Zona Proteksi Petir, *Arrester*, *Bonding Equipotensial*



THE DESIGN OF INTERNAL LIGHTNING PROTECTION SYSTEM IN RECTORATE BUILDING OF UIN SUSKA RIAU

ROSMANIDAR

NIM : 11355202286

Date of Final Exam : February 25, 2021

Department of Electrical Engineering

Faculty of Science and Technology

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim Riau

Soebrantas St. No. 155 Pekanbaru

ABSTRACT

In this research, an internal lightning protection system was design in UIN SUSKA RIAU Rectorate building. The goal is to protect electrical equipment in any room that is very sensitive to lightning strikes. The first step is to explain the identification from function of the each room in order to find out how much lightning protection is needed. The rectorate building located in level III protection system where the peak lightning current is 100 kA and current wave is 0,14 kV. When view from the results of these calculations, electronic equipment can be protect with a arrester is 16 kA and voltage increase at the grounding point is 454 kV. From the overvoltage analysis obtained, to protect electrical equipment requires the appropriate arrester class. Class B arrester is place on electrical installation line in LPZ Zone 0_B – 1, class C is installed throughout the MDP, and class D is installed in LPZ Zone 1 or 2 where all equipment is connected by bonding equipotensial which is used as one earth point.

Keynote *Internal Lightning Ptotection, Lightning Protection Zone, Arrester, Bonding Equipotensial*



KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Warrahmatullahi Wabarakatuh.

Rasa syukur kehadiran Allah Subhanahu Wata'ala yang selalu memberikan rahmat dan hidayah-Nya kepada seluruh umat-Nya, serta kepada semua yang ada di langit dan bumi juga diantara keduanya. Shalawat beserta salam kita haturkan kepada Nabi Muhammad Salallahu Alaihi Wassalam, semoga kita tetap menjalani sunnah-sunnah yang diajarkan oleh Nabi kepada kita. Alhamdulillah atas izin Allah penulis dapat menyelesaikan pendidikan S1 Jurusan Teknik Elektro, Konsentrasi Energi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.

Dengan kemampuan dan keterbatasan waktu yang penulis punya, akhirnya penulisan Tugas Akhir dapat terselesaikan dengan judul **“Perancangan Sistem Proteksi Petir Internal pada Gedung Rektorat UIN SUSKA RIAU”**.

Pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang terlibat membantu dan menyelesaikan Tugas Akhir ini, antara lain :

1. Bapak Prof. Dr. Suyitno, M.Ag., selaku Pelaksana Tugas (Plt) Rektor Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
2. Bapak Drs. Ahmad Darmawi, M.Ag., selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
3. Ibu Ewi Ismaredah, S.Kom., M.Kom., selaku Ketua Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
4. Bapak Ahmad Faizal, ST., MT., selaku Koordinator Tugas Akhir Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
5. Bapak Dr. Alex Wenda, ST., M.Eng., selaku Dosen Pembimbing sekaligus Pembimbing Akademik yang telah banyak membimbing serta memotivasi penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
6. Ibu Liliana, ST., M.Eng., selaku Dosen Penguji I yang telah banyak memberi masukan berupa kritik dan saran demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.
7. Ibu Susi Afriani, ST., MT., selaku Dosen Penguji II yang telah banyak memberi masukan berupa kritik dan saran demi kesempurnaan Tugas Akhir ini.



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masa

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim

8. Bapak-Bapak dan Ibu-Ibu Dosen di lingkungan Program Studi Teknik Elektro serta seluruh Civitas Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
9. Teristimewa untuk kedua orangtua penulis, yaitu ayahanda Ali Suar dan ibunda Nur Zaiti, serta Kakak Fatma dan kedua adik penulis, Rahmat dan Lusi, yang telah memotivasi penulis untuk menyelesaikan pendidikan Strata 1.
10. Sahabat seperjuangan kuliah Cindi Astrid Irdam, Mariani, dan Shahnaz Annisa yang turut andil selama proses kuliah penulis.
11. Teman-teman Program Studi Teknik Elektro dan Konsentrasi Energi UIN SUSKA RIAU Angkatan 2013.
12. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam melaksanakan dan menyelesaikan Tugas Akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa dalam penyusunan Tugas Akhir ini masih terdapat banyak kekurangan. Semoga Allah selalu memberikan kesehatan dan hidayah-Nya kepada kita semua. Aamiin.

Pekanbaru, 25 Februari 2021

Penulis,

Rosmanidar

UIN SUSKA RIAU

DAFTAR ISI

	Halaman
COVER	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR PENGESAHAN	iii
LEMBAR ATAS HAK KEKAYAAN INTELEKTUAL	iv
LEMBAR PERNYATAAN	v
LEMBAR PERSEMBAHAN	vi
ABSTRAK	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR RUMUS	xvii
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1. Latar Belakang	I-1
1.2. Rumusan Masalah	I-4
1.3. Tujuan Penelitian	I-4
1.4. Batasan Penelitian	I-4
1.5. Manfaat Penelitian	I-5
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1. Penelitian Terkait	II-1
2.2. Definisi Petir	II-4
2.3. Parameter Petir	II-6
2.4. Mekanisme Masuknya Surja Petir Pada Bangunan	II-13
2.5. Distribusi Arus Petir	II-13
2.6. Konduksi Gelombang Surja Petir	II-14
2.7. Media Perambatan Surja Petir	II-14
2.7.1. Pantulan dan Terusan Gelombang Berjalan	II-19
2.7.2. Pemotongan Gelombang Berjalan	II-21



2.8.	Kerusakan Akibat Sambaran Petir	II-23
2.8.1.	Kerusakan pada Bangunan	II-23
2.8.2.	Kerusakan terhadap Jaringan dan Instalasi Listrik	II-23
2.8.3.	Kerusakan terhadap Peralatan Elektronik dan Listrik	II-24
2.8.3.1.	Kerusakan Akibat Sambaran Langsung	II-24
2.8.3.2.	Kerusakan Akibat Sambaran Tidak Langsung	II-24
2.8.4.	Kerusakan terhadap Manusia	II-27
2.9.	Rancangan Sistem Proteksi Petir (SPP)	II-27
2.9.1.	Sistem Proteksi Petir Internal	II-27
2.9.1.1.	<i>Arrester</i>	II-28
2.9.1.2.	Jenis <i>Arrester</i>	II-28
2.10.	Pembagian Zona Proteksi Petir	II-29
2.10.1.	Zona Eksternal	II-30
2.10.2.	Zona Internal	II-30
2.11.	Koordinasi <i>Arrester</i>	II-31
2.12.	Bonding Ekipotensial / Peralatan Penyebaran Tegangan	II-32
2.12.1.	Bonding Ekipotensial untuk Sistem Tegangan Rendah	II-33
2.12.2.	Bonding Ekipotensial untuk Sistem Teknologi Informasi	II-34
2.12.3.	Kedekatan dan Jarak Aman Instalasi Listrik dengan Bonding Potensial	II-34
2.13.	Pemilihan Penghantar atau Kabel Penyalur Arus Petir	II-37
2.14.	Sistem <i>Grounding</i> / Pembumian	II-40

BAB III METODE PENELITIAN

3.1.	Deskripsi Lokasi untuk Perancangan Proteksi Petir Internal	III-1
3.2.	Diagram Alur Perancangan	III-2
3.2.1.	Studi Literatur	III-3
3.2.2.	Pengumpulan Data	III-3
3.2.3.	Data Hari Guruh dari BMKG	III-3
3.2.4.	Gambar Gedung Rektorat UIN SUSKA RIAU	III-4
3.2.5.	Data Konstruksi Gedung Rektorat UIN SUSKA RIAU	III-4
3.2.6.	Data Spesifikasi Bahan Proteksi Petir Gedung Rektorat	III-5
3.3.	Identifikasi Fungsi pada Tiap Ruangan	III-6



3.4.	Analisa Tegangan Lebih Petir	III-9
3.4.1.	Analisis Gelombang Tegangan Berjalan	III-10
3.4.2.	Analisis Kenaikan Tegangan pada Titik Pembumian	III-10
3.4.3.	Tegangan Induksi Elektromagnetik	III-10
3.5.	Zona Proteksi Petir	III-11
3.6.	Kebutuhan <i>Arrester</i>	III-11
3.7.	<i>Bonding Equipotensial</i> / Peralatan Penyama Tegangan	III-12
3.8.	Hasil dan Analisa	III-12

BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN

4.1.	Analisis Tingkat Tegangan Lebih	IV-1
4.1.1.	Perhitungan dan Analisis Gelombang Tegangan Berjalan	IV-1
4.1.2.	Perhitngan Kenaikan Tegangan pada Titik Pembumian	IV-17
4.1.3.	Perhitungan Tegangan Induksi Elektromagnetik	IV-18
4.2.	Analisis Zona Proteksi Petir	IV-24
4.3.	Analisis Kebutuhan <i>Arrester</i>	IV-31
4.4.	Analisis <i>Bonding Equipotensial</i>	IV-35

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1.	Kesimpulan	V-1
5.2.	Saran	V-2

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR RIWAYAT HIDUP

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



DAFTAR GAMBAR

Gambar

Halaman

2.1	Petir	II-5
2.2	Spesifikasi Gelombang Impuls Bentuk Eksponensial	II-6
2.3	Gambar Gelombang Arus Impuls Petir	II-7
2.4	Kenaikan Potensial pada Titik Pembumian	II-8
2.5	Daerah Induksi dalam <i>Loop</i>	II-9
2.6	Induksi Elektromagnetik <i>Loop</i> 2 (a) dan <i>Loop</i> 3 (b)	II-11
2.7	<i>Loop</i> Akibat Kabel Telekomunikasi atau Teknologi Informasi Vertikal	II-11
2.8	<i>Loop</i> Akibat Kabel Telekomunikasi atau Teknologi Informasi Horizontal	II-12
2.9	Distribusi Arus Petir pada Bangunan	II-14
2.10	Ilustrasi Pantulan dan Terusan Gelombang Berjalan	II-19
2.11	Ilustrasi Pemotongan Gelombang Berjalan oleh <i>Arrester</i>	II-22
2.12	Sistem Proteksi Petir Eksternal, Internal dan Perpipaan	II-28
2.13	Konsep Pembagian Zona Proteksi Petir	II-30
2.14	Koordinasi <i>Arrester</i>	II-32
2.15	Bonding Potensial Peralatan	II-34
2.16	Nilai Koefisien K_c dalam Konfigurasi Satu Dimensi	II-36
2.17	Nilai Koefisien K_c dalam Konfigurasi Dua Dimensi	II-36
2.18	Nilai Koefisien K_c dalam Konfigurasi Tiga Dimensi	II-37
2.19	Kabel BC (<i>Bare Copper</i>)	II-40
2.20	Kabel NYY	II-40
2.21	Kabel HVSC	II-41
2.22	Ilustrasi Perancangan Sistem Pembumian Gedung	II-41
3.1	Flow Chart Penelitian	III-2
3.2	Gedung Rektorat UIN SUSKA RIAU	III-4
3.3	Proteksi Petir Eksternal Gedung Rektorat UIN SUSKA RIAU	III-5
3.4	Analisa Tegangan Lebih Petir	III-9
4.1	Ilustrasi Terjadinya Konduksi Saat Terjadi Sambaran Petir Tidak Langsung	IV-2
4.2	Single Line Diagram Kelistrikan Kampus UIN SUSKA RIAU	IV-5
4.3	Single Line Diagram Kelistrikan Lantai 1	IV-6
4.4	Single Line Diagram Kelistrikan Lantai 2	IV-7



4.5.	Single Line Diagram Kelistrikan Lantai 3	IV-8
4.6.	Single Line Diagram Kelistrikan Lantai 4	IV-9
4.7.	Single Line Diagram Kelistrikan Lantai 5	IV-10
4.8.	Single Line Diagram DP - AC Lantai 1	IV-11
4.9.	Single Line Diagram DP - AC Lantai 2	IV-12
4.10.	Single Line Diagram DP - AC Lantai 3	IV-13
4.11.	Single Line Diagram DP - AC Lantai 4	IV-14
4.12.	Single Line Diagram DP - AC Lantai 5	IV-15
4.13.	Single Line Diagram Lift Lantai Dasar	IV-16
4.14.	Konfigurasi antara <i>Down Conductor</i> dengan Kabel Jaringan Listrik (<i>Loop 1</i>)	IV-20
4.15.	Konfigurasi Antar Kabel (<i>Loop 2</i>)	IV-21
4.16.	Konfigurasi <i>Loop</i> Akibat Kabel Telekomunikasi atau T_1 (Vertikal)	IV-22
4.17.	Konfigurasi <i>Loop</i> Akibat Kabel Telekomunikasi atau T_1 (Horizontal)	IV-23
4.18.	Zona Proteksi Petir pada Lantai 1	IV-27
4.19.	Zona Proteksi Petir pada Lantai 2	IV-28
4.20.	Zona Proteksi Petir pada Lantai 3	IV-29
4.21.	Zona Proteksi Petir pada Lantai 4	IV-30
4.22.	Zona Proteksi Petir pada Lantai 5	IV-31
4.23.	Perancangan Sistem Proteksi Petir Internal pada Gedung Rektorat UIN SUSKA RIAU	IV-32
4.24.	Penempatan <i>Arrester</i> di Antena	IV-33

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
Dilarang mengutip atau menjiplak seluruh atau sebagian isi kitab ini tanpa izin dari penerbit atau penyalur.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel	
2.1 Jenis – jenis parameter petir	II–7
2.2 Tingkat Proteksi dan Arus <i>Subsequent</i>	II–12
2.3 Parameter – Parameter Impedansi Surja Kawat	II–15
2.4 Tabel Data Kontruksi Kabel NYY 4 x 1,5 – 400 mm ² 0,6/1 kV	II–16
2.5 Tabel Data Kontruksi Kabel NYY 3 x 1,5 – 35 mm ² 300/500 V	II–16
2.6 Tingkat Isolasi Dasar (TID) Transformer	II–17
2.7 Impedansi – impedansi dari Transformator 3 – Fasa, 50 Hz, HV, atau LV, Hubungan Delta atau Bintang	II–18
2.8 Kategori Ketahanan Surja	II–33
2.9 Kedekatan Instalasi Petir, Nilai Koefisien K_i	II–35
2.10 Kedekatan Instalasi Proteksi Petir, Nilai Koefisien k_m	II–35
2.11 Nilai r berdasarkan tingkat proteksi bangunan	II–38
2.12 Standar Bahan Konduktor Penyalur	II–39
3.1 Data Hari Guruh Pertahun Kota Pekanbaru	III–4
3.2 Data Konstruksi Gedung Rektorat UIN SUSKA RIAU	III–4
3.3 Spesifikasi Alat Proteksi Petir Eksternal Bangunan Gedung Rektorat	III–5
3.4 Spesifikasi Peralatan proteksi petir internal pada gedung Rektorat	III–6
3.5 Nama Ruang dan Fungsi Ruang dari tiap – tiap lantai gedung Rektorat UIN SUSKA RIAU	III–6
4.1 Hasil Perhitungan Tegangan Induksi	IV–23
4.2 Tabel Pembagian Zona Proteksi Petir	IV–24
4.3 Keperluan <i>Arrester</i> Setiap Ruangan	IV–35

UIN SUSKA RIAU



DAFTAR RUMUS

Rumus	Halaman
2.1. Rumus Bentuk gelombang Impuls Petir	II-5
2.2. Rumus Gelombang Arus	II-5
2.3. Rumus Kenaikan Tegangan	II-7
2.4. Rumus Muatan Petir Total	II-8
2.5. Rumus Energi pada Muatan Petir	II-8
2.6. Rumus Energi Spesifikasi Arus Petir	II-8
2.7. Rumus Besaran Tegangan Induksi	II-10
2.8. Rumus Induktansi	II-10
2.9. Rumus Kerapatan Medan Magnet	II-10
2.10. Rumus Fluks yang timbul pada <i>loop</i>	II-10
2.11. Rumus Fluks yang timbul pada <i>loop</i>	II-10
2.12. Rumus Tegangan Induksi	II-10
2.13. Rumus Induktansi pada Tegangan Induksi	II-10
2.14. Rumus Tegangan Induksi pada <i>loop</i> 3	II-11
2.15. Rumus Tegangan Induksi yang terjadi pada <i>loop</i>	II-11
2.16. Rumus Tegangan Induksi yang terjadi pada <i>loop</i>	II-12
2.17. Rumus Nilai (di/dt) maksimum	II-13
2.18. Rumus Impedansi Surja Saluran Distribusi 20 kV	II-15
2.19. Rumus Impedansi Surja Kabel	II-15
2.20. Rumus Tegangan Tertinggi pada Peralatan	II-17
2.21. Rumus Gelombang	II-19
2.22. Rumus Arus	II-19
2.23. Rumus Gelombang	II-19
2.24. Rumus Gelombang Arus	II-20
2.25. Rumus Gelombang Arus Pantulan	II-20
2.26. Rumus Gelombang Tegangan Pantulan	II-20
2.27. Rumus Koefisien pantulan untuk Tegangan	II-20
2.28. Rumus Gelombang Tegangan Terusan	II-20
2.29. Rumus Gelombang Arus Pantulan	II-20
2.30. Rumus Koefisien Pantulan Arus	II-20
2.31. Rumus Gelombang Arus yang diteruskan	II-20



2.32.	Rumus Koefisien Terusan untuk Tegangan	II-20
2.33.	Rumus Total Impedansi Ekvivalen	II-21
2.34.	Rumus Besar Gelombang yang diteruskan	II-21
2.35.	Rumus Tegangan pada <i>Arrester</i>	II-22
2.36.	Rumus Nilai Tegangan U_1	II-22
2.37.	Rumus Tegangan Induksi	II-26
2.38.	Rumus Jarak Aman Instalasi Listrik	II-35
2.39.	Rumus Luas Penampang Minimum	II-38
2.40.	Rumus Arus Puncak Petir	II-42

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

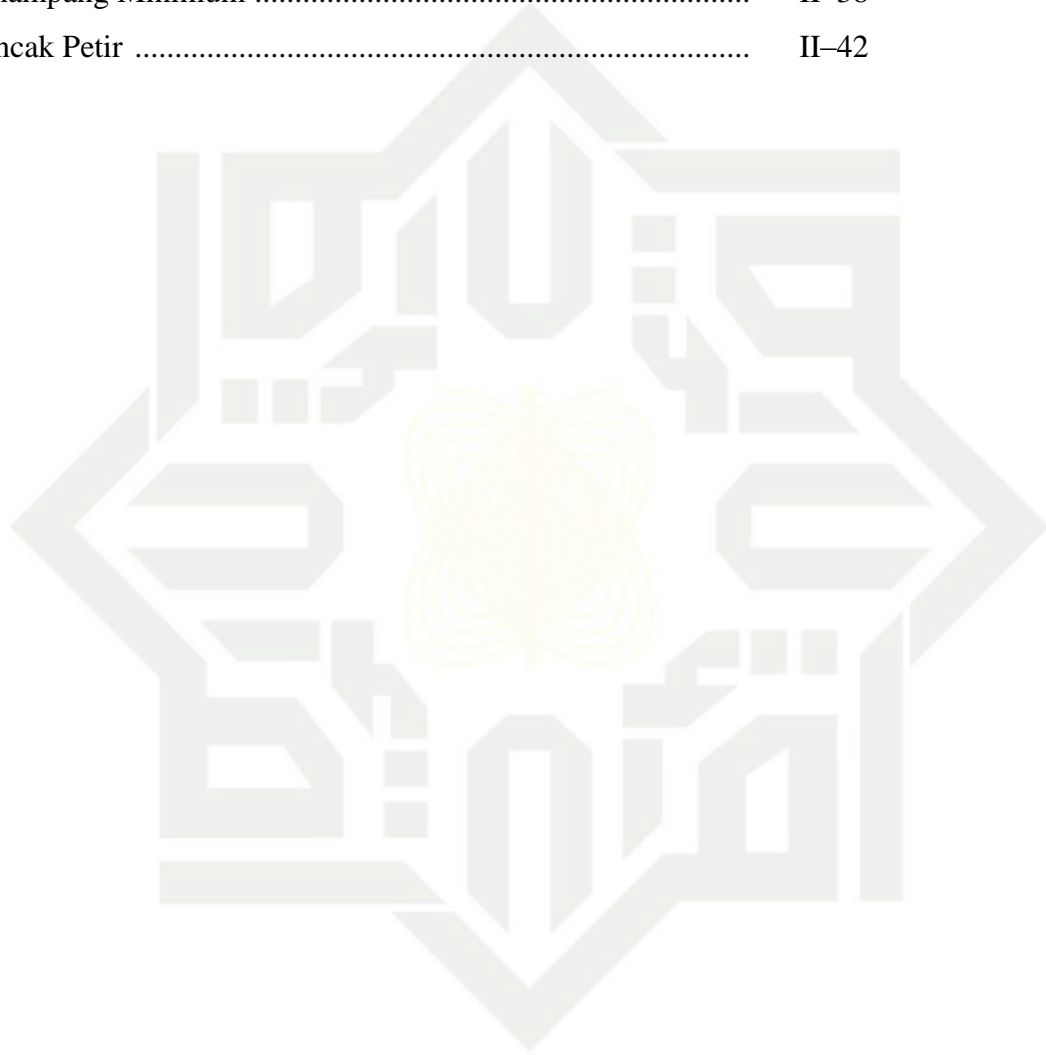
Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masa
- Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

©Hak Cipta dilindungi UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim



UIN SUSKA RIAU



BAB I PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia secara geografis terletak di daerah garis khatulistiwa, yang menyebabkan Indonesia beriklim tropis sehingga memiliki tingkat kerapatan sambaran petir yang cukup tinggi. Indonesia memiliki hari guruh atau hari petir sebanyak 100 sampai 200 hari per tahun. Indonesia memiliki kerapatan sambaran petir sebanyak $12/\text{km}^2/\text{tahun}$ dimana setiap area 1 km^2 berpotensi menerima sambaran petir sebanyak 12 kali. (Zoro, 2014).

Dari hasil data BMKG (Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika, 1999) salah satu provinsi di Indonesia yaitu provinsi Riau, dalam setahun memiliki curah petir sebanyak 217 kali dan nilai IKL (Isokeraunik Level) 59,33 sehingga petir juga bisa terjadi di kota Pekanbaru. Menurut data dari BMKG tahun 2015 kota Pekanbaru memiliki hari guruh rata – rata pertahun sebanyak 136 kali, karena di kota Pekanbaru banyak memiliki gedung atau bangunan yang bertingkat sehingga semakin tinggi suatu bangunan maka semakin besar resiko kerusakan bangunan dari dampak sambaran petir seperti gedung rektorat UIN SUSKA RIAU.

Gedung rektorat UIN SUSKA RIAU memiliki luas bangunan sebesar 1.452 m^2 , tingginya 34 meter dan memiliki lima lantai. Masing-masing lantai terdapat beberapa ruangan, dimana pada tiap-tiap ruangan memiliki berbagai macam peralatan listrik dan peralatan elektronik yang seharusnya dilindungi akibat kerusakan dari dampak sambaran petir baik yang terjadi secara langsung maupun sambaran petir tidak langsung seperti lampu, komputer, PABX, televisi, lift, kulkas, AC (*Air Conditioner*), pompa air, CCTV dan peralatan listrik yang lainnya. Efek sambaran petir juga berpengaruh pada peralatan elektronik didalam bangunan dan bahkan terjadinya kematian pada manusia.

Mengacu pada standar SNI 03-7015-2004 tentang sistem proteksi petir pada bangunan, terdiri dari sistem proteksi petir eksternal dan sistem proteksi petir internal. Sistem proteksi petir eksternal merupakan suatu instalasi dan alat-alat yang dipasang diluar sebuah struktur bangunan untuk menangkap dan menghantar arus petir ke sistem pentanahan atau sebagai ujung tombak penangkap muatan listrik / arus petir di tempat tertinggi. Sedangkan sistem proteksi petir internal merupakan semua tindakan tambahan yang diberikan pada sistem proteksi petir eksternal yang akan mengurangi efek elektromagnetik arus petir didalam ruang terproteksi. Sistem proteksi petir Internal



mengacu pada standar IEC 61024-1 bertujuan untuk menurunkan atau menghilangkan pengaruh gelombang elektromagnetik yang diakibatkan oleh arus petir yang masuk ke sistem peralatan yang diproteksi. Seluruh saluran masuk dari sumber tegangan, telekomunikasi dan data harus dilindungi dari tegangan lebih yang terjadi akibat petir. Berdasarkan standar DIV VDE 0185, IEC 1024-1. proteksi petir internal berfungsi untuk melindungi dari bahaya sambaran langsung dan tidak langsung, serta *equipotesialisasi*. Sehingga dengan adanya kedua perancangan ini, maka dapat melindungi peralatan listrik dan elektronik yang ada didalam bangunan terhadap efek dari bahaya gelombang surja dan radiasi elektromagnetik yang disebabkan oleh sambaran petir langsung maupun tidak langsung.

Untuk sistem proteksi petir eksternal sudah diteliti oleh Mariani (2018). Beliau menjelaskan bahwa gedung rektorat UIN SUSKA RIAU memiliki efisiensi sistem proteksi petir lebih besar atau sama dengan 0,89%. Hal ini menyatakan bahwa gedung rektorat UIN SUSKA RIAU berada pada tingkat proteksi III yang menunjukkan gedung tersebut sangat membutuhkan sistem proteksi petir. Terminal udara yang digunakan adalah sistem proteksi non konvensional jenis Stormaster ESE-15 dengan kabel HVSC kemudian dihubungkan dengan tiang *Fiberglass Reinforced Pole* (FRP) dan terminasi bumi. Kabel ini di letakkan melalui bagian dalam kubah gedung Rektorat agar tidak merusak estetika kubah, lalu mengikuti struktur bagian atas dari bangunan gedung Rektorat sampai ke terminasi bumi dengan memilih jalur terpendek dan mengurangi belokan 90 derajat untuk menghindari hal-hal yang tidak diinginkan. Penyaluran petir ini dipilih pada bagian depan gedung Rektorat tepatnya pada sebelah kiri gedung untuk menghindari kabel HVSC dari kabel-kabel listrik lainnya. Dari hasil rancangan tersebut didapat luas daerah perlindungan yang didapatkan seluas 10291,5 m² dan melebihi luas bangunan gedung Rektorat. Elektroda pembumihannya sebanyak 6 batang elektroda dengan kedalaman 12 meter. Dan dipasang secara paralel. Nilai tahanan pembumian yang didapat sebesar 4,54 Ω sehingga sudah memenuhi standar yaitu < 5 ohm. Jarak elektroda dari gedung Rektorat adalah 2 meter dan jarak antar elektroda satu dengan lainnya adalah 2 meter. Sehingga setelah mendapatkan hasil yang baik, maka dilakukan pemasangan sistem proteksi petir eksternal.

Sedangkan untuk perancangan sistem proteksi petir internal pada gedung rektorat UIN SUSKA RIAU belum ada melakukan penelitian. Berdasarkan hasil dari wawancara yang sudah dilakukan oleh penulis dengan Bapak Nurman Indra sebagai teknisi gedung rektorat pada tanggal 24 juli 2018, beliau mengatakan bahwa pada gedung rektorat UIN



SUSKA RIAU memang sudah dipasang proteksi petir eksternal, akan tetapi meskipun sudah dipasang proteksi petir eksternal tetap saja masih ada terjadinya sambaran petir pada tanggal 16 Mei 2018. Disebabkan karena saat terjadinya petir kemudian menyambar penangkal petir yang sudah terpasang maka akan mengalir ke pembumian, namun karena arus petirnya cukup besar dan tidak sepenuhnya terserap oleh penangkal petir sehingga timbulnya tegangan induksi elektromagnetik dan menyebar ke benda yang ada di sekitarnya seperti kabel jaringan listrik ataupun kabel jaringan data. Oleh karena itulah kerusakan yang terjadi pada komputer di ruang bagian umum. Sebelumnya juga pernah terjadi pada lift yang motor penggerakannya mengalami kerusakan akibat dari arus sambaran petir yang mengakibatkan lift tidak bekerja secara normal, dan juga pernah terjadi pada telepon / PABX sehingga komunikasi antara telepon yang satu dengan telepon yang lain belum bisa saling terhubung seperti biasanya.

Untuk melindungi jaringan listrik di gedung rektorat, Bapak Nurman Indra memasang *arrester* untuk jaringan listrik yang berkapasitas 16 kA dipasang di panel utama dalam gedung rektorat, karena jika hanya memasang sistem proteksi petir eksternalnya saja, maka hanya bisa melindungi bagian luar gedung dari ancaman kerusakan dan kebakaran bangunan dari sambaran petir.

Walaupun *arrester* untuk jaringan listrik sudah terpasang itu bukan berarti bisa melindungi seluruh peralatan listrik dan elektronik karena jika terjadinya tegangan pada pembumian akibat dari arus petir yang menghasilkan tegangan cukup besar maka akan cepat mengalir ke dalam gedung sebanyak ribuan volt sehingga bisa melebihi kapasitas dari *arrester* yang terpasang. Kemudian dari hasil wawancara penulis dengan tim Pusat Teknologi Informasi dan Pangkalan Data (PTIPD) bahwa saat ini, gedung rektorat UIN SUSKA RIAU memiliki jaringan internet (LAN) yang kabel *switch* / panel internetnya langsung tersambung ke panel utama yang ada di dalam gedung rektorat. Sehingga untuk kabel penyalur petir baik instalasi listrik untuk gedung, maupun untuk kabel data berupa PABX memiliki satu alat proteksi petir yang terpasang di panel utama dalam gedung rektorat. Sementara kabel penyalur petirnya berupa tembaga yang memiliki luas penampang sebesar 16 mm² dan panjang kabel penyalur berupa tembaga (*bare copper*) 20 meter, kedalam *grounding road* 12 meter.

Dari penelitian sebelumnya oleh Soemarwanto (2014) dengan judul "Perancangan sistem Proteksi Petir Internal Condotel Borobudur Belimbing Kota Malang" dimana penelitian ini dilakukan untuk melindungi seluruh peralatan listrik yang ada di dalam



gedung dengan memasang *arrester* dan bonding *ekipotensial*. Setelah dilakukan perancangan sistem proteksi petir internal dengan pemasangan arester kelas D yang menghasilkan pemotongan tegangan petir oleh *arrester* sebesar 1,5 kV hingga 0,8 kV, seluruh *arrester* akan diikat pada *bonding ekipotensial* dan kemudian dijadikan satu titik pembumian. Penelitian ini termasuk penelitian yang terkait dengan penelitian penulis yaitu pemasangan *arrester*, membuat konsep zona proteksi petir untuk melindungi peralatan listrik dan elektronik dari bahaya induksi yang dihasilkan oleh sambaran petir tidak langsung. Namun pada penelitian sebelumnya baru berupa perencanaan untuk membuat perancangan proteksi petir internal pada gedung dan tidak terpasangnya perancangan proteksi petir eksternal pada gedung Condotel Borobudur, sehingga hanya bisa memperkirakan berada pada level tingkat berapa gedung tersebut dan berapa besar tegangan pada pembumian. Jika hanya memasang proteksi petir internal saja, tetap tidak bisa melindungi gedung tersebut dan bahkan bangunan tersebut akan mudah rusak dan terbakar.

Dari hasil penelitian tersebut dapat diketahui bahwa pemasangan proteksi petir internal harus sesuai dengan standar yang sudah berlaku. Berdasarkan SNI 03 7015 2004 bahwa pemasangan proteksi petir untuk peralatan listrik seharusnya *arrester* dipasang secara bertingkat yaitu pada titik entri dari luar ke MDP (*Main Distribution Panel*), SDP (*Sub Distribution Panel*), dan pada setiap stop kontak *equipment*. Untuk menentukan perlu atau tidak perlunya ruangan yang memiliki peralatan elektronik maka akan dilakukan pembagian zona proteksi petir berdasarkan standar IEC 62305 – 3. dan untuk pemasangan *Bonding Equipotensial* berdasarkan standar IEC 62305 – 3. agar mengurangi kerusakan yang terjadi pada peralatan listrik dan elektronik dari bahaya sambaran petir.

Mengingat banyaknya peralatan elektronik yang ada di dalam gedung rektorat UIN SUSKA RIAU, maka perlu diterapkan sistem proteksi petir internal dengan menggunakan *arrester* secara bertingkat dan kabel penyalur petir yang dihubungkan ke *grounding* bertujuan untuk melindungi semua peralatan listrik dan elektronik yang ada di dalam gedung rektorat UIN SUSKA RIAU agar tidak terjadi kerusakan akibat dari sambaran petir tidak langsung. Menurut Bapak Nurman dengan membuat perancangan ini maka bisa dijadikan bahan rujukan agar peralatan yang ada didalam gedung bisa terlindungi dari sambaran petir. Dari uraian di atas, penulis akan mengangkat judul tugas akhir yang berjudul “Perancangan Sistem Proteksi Petir Internal pada Gedung Rektorat UIN SUSKA RIAU”.



1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang ada didalam penelitian ini adalah mencari seberapa besar tegangan lebih yang disebabkan oleh sambaran petir tidak langsung dan bagaimana merancang sistem proteksi petir internal pada gedung rektorat UIN SUSKA RIAU.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah :

1. Mendapatkan seberapa besar tegangan lebih yang bisa masuk ke dalam gedung Rektorat UIN SUSKA RIAU.
2. Melakukan perancangan proteksi petir internal agar peralatan elektronik bisa terlindungi dari bahaya petir.

1.4. Batasan Penelitian

Karena luasnya pembahasan tentang proteksi petir maka penulis menetapkan beberapa batasan penelitian ini sebagai berikut :

1. Penelitian ini hanya membahas tentang perancangan proteksi petir internal Rektorat UIN SUSKA RIAU.

1.5. Manfaat Penelitian

Manfaat dari hasil penelitian ini ialah sebagai berikut:

1. Hasil dari penelitian ini semoga bisa dimanfaatkan bahwa pemasangan alat proteksi petir sangat dibutuhkan untuk gedung rektorat UIN SUSKA RIAU, baik bagian luar gedung maupun didalam gedung agar terlindungi dari bahaya sambaran petir.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Terkait

Bermula pada jurnal yang diteliti oleh Soemarwanto (2014) dengan judul “Perancangan sistem Proteksi Petir Internal Condotel Borobudur Belimbing Kota Malang” dimana penelitian ini dilakukan untuk melindungi seluruh peralatan listrik yang ada di dalam gedung dengan memasang *arrester* dan bonding *ekipotensial*. Setelah dilakukan perancangan sistem proteksi petir internal dengan pemasangan arester kelas D yang menghasilkan pemotongan tegangan petir oleh *arrester* sebesar 1,5 kV hingga 0,8 kV, seluruh *arrester* akan diikat pada *bonding ekipotensial* dan kemudian dijadikan satu titik pembumian. Penelitian ini termasuk penelitian yang terkait dengan penelitian penulis yaitu pemasangan *arrester*, membuat konsep zona proteksi petir untuk melindungi peralatan listrik dan elektronik dari bahaya induksi yang dihasilkan oleh sambaran petir tidak langsung. Namun pada penelitian sebelumnya baru berupa perencanaan untuk membuat perancangan proteksi petir internal pada gedung dan tidak terpasangannya perancangan proteksi petir eksternal pada gedung Condotel Borobudur, sehingga hanya bisa memperkirakan berada pada level tingkat berapa gedung tersebut dan berapa besar tegangan pada pembumian. Jika hanya memasang proteksi petir internal saja, tetap tidak bisa melindungi gedung tersebut dan bahkan bangunan tersebut akan mudah rusak dan terbakar. Sehingga berbeda dengan penelitian penulis yaitu pada penelitian penulis sudah terpasang proteksi petir eksternal dan perancangan proteksi petir internal berupa *arrester* dipasang pada titik entri dari luar ke panel MDP (*Main Distribution Panel*). Maka penulis ingin menambahkan perancangan proteksi petir internal yang sesuai dengan SNI 03 7015 2004 bahwa pemasangan proteksi petir internal pada bangunan untuk peralatan listrik dipasang secara bertingkat yaitu pada panel MDP, SDP (*Sub Distribution Panel*), dan pada setiap stop kontak equipment.

Kemudian penelitian Mahadi Septian (2014) dengan judul “Desain Sistem Proteksi Internal pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kuala Behe Kabupaten Landak” dimana penelitian ini menghasilkan sistem proteksi PLTS Terpusat Dusun Permit dengan tingkat proteksi H sebesar 0,95 dan nilai efisiensi diantara 90% – 95 % . Selain itu, tegangan langkah pada sistem proteksi sebesar 12.369.957,54 volt dimana disebabkan oleh sambaran petir dengan resistansi tanah. Pemasangan *arrester* dengan menggunakan *arester* tipe C,



dan perancangannya dirancang di PLTS. Perbedaan dari penelitian penulis yaitu pada penelitian penulis merancang proteksi petir internal di gedung bertingkat dengan memasang arrester secara bertingkat di dalam gedung, membuat konsep zona proteksi di dalam gedung, dan merancang *bonding equipotensial* / ikatan penyama potensial supaya mengurangi beda potensial yang disebabkan oleh arus petir.

Pada penelitian Vegalira Permata Budi (2014) dengan judul “Analisis Sistem Arester Pada Bangunan Bertingkat (Studi Pada Gedung Akademi Pariwisata Jakarta Internasional Hotel)” menjelaskan bahwa penelitian ini dilakukan dengan menggunakan pemasangan arrester terlalu jauh dari posisi peralatan listrik lainnya dikarenakan adanya perbandingan jarak di lapangan dengan hasil perhitungan menggunakan rumus terdapat perbedaan yang sangat besar. Pemasangan arrester pada panel listrik utama sejauh 0,5 meter dan pada panel telepon (PABx) sejauh 0,15 meter, sedangkan menurut ketentuan PUIL (Persyaratan Umum Instalasi Listrik) perhitungan jarak yang didapat sebesar 555×10^{-4} meter untuk panel listrik dan 330×10^{-4} meter untuk PABx. Dengan melihat hasil tersebut pemasangan arrester dinilai kurang tepat dan tidak efektif. Jika mengikuti ketentuan PUIL, pemasangan arrester pada bangunan sebaiknya ditempatkan di dalam panel atau sedekat mungkin dengan peralatan yang diamankan. Perbedaan dari penelitian penulis yaitu pada penelitian penulis membuat konsep zona proteksi di dalam gedung, dan merancang *bonding equipotensial*.

Pada penelitian Jamaaludin (2017) dengan judul “Perencanaan sistem Pentanahan Tenaga listrik Terintegrasi Pada Bangunan”. Penelitian ini dilakukan untuk melakukan interkoneksi yang baik pada sistem pentanahan dengan mendapatkan nilai tahanan di bawah 1 ohm, dengan menggunakan rumus Dwight dan kedalaman elektrodanya sedalam 100 cm sehingga mendapatkan nilai tahanan sebesar 0,72 ohm. Sehingga sudah memenuhi standar persyaratan pentanahan yang baik untuk peralatan dan listrik elektronik di dalam gedung dan pentanahan pada sistem tenaga listrik agar mendapatkan pemakaian dan pemanfaatan sistem tenaga listrik yang handal dan aman. Perbedaan dari penelitian penulis yaitu pada penelitian penulis memanfaatkan alat proteksi petir berupa arrester yang sudah terpasang dan menambah perancangan yang sesuai dengan SNI 03 7015 2004 bahwa pemasangan proteksi petir internal pada bangunan untuk peralatan listrik dipasang secara bertingkat yaitu pada panel MDP, SDP (*Sub Distribution Panel*), dan pada setiap stop kontak equipment untuk melindungi peralatan listrik dan elektronik dari bahaya sambaran petir tidak langsung.



Penelitian Iman Budiman dengan judul “Evaluasi Sistem Proteksi Petir Ayani Megamal Kota Pontianak” menjelaskan bahwa pada gedung Ayani Megamal sudah terpasang sistem proteksi petir eksternal dengan menggunakan metode elektrogeometri dengan hasil radius perlindungan SPP1 sebesar 34,99 meter dan SPP2 sebesar 3,82 meter. Dengan radius tersebut dapat dilihat bahwa seluruh bagian bangunan belum terlindungi dari sambaran petir sehingga penyalur petir tidak dapat menangkap petir dengan arus puncak 7 kA. Oleh sebab itulah gedung Ayani Megamal perlu dipasang penyalur petir internal, karena gedung Ayani megamall sudah terpasang protekis petir eksternal maka pada panel utama (LVMDP) haru terpasang SPD Tipe 1 atau kombinasi SPD Tipe 1 + 2 dengan arus discharge maksimum 25 kA. Ditambah dengan pemasangan SDP pada SDP Tipe 2 + 3 dengan arus discharge maksimum 12,5 kA. Perbedaan dari penelitian penulis yaitu pada penelitian penulis gedungnya sudah mendapatkan luas perlidungan yang melebihi dari luas gedung. Meskipun sudah mendapatkan luas perlindungan melebihi gedung namun induksi maksimal yang dihasilkan oleh sambaran petir maka perlu dilakukan perlindungan dengan memasang proteksi petir internal untuk peralatan listrik dan elektronik yang ada di dalam bangunan gedung.

Kemudian pada penelitian Maulidatun Ni'mah (2017) dengan judul “Evaluasi dan Perancangan Sistem Proteksi Petir Internal dan Eksternal Divisi Fabrikasi Baja Pada Perusahaan Manufaktur”. Penelitian ini menjelaskan bahwa untuk pemasangan proteksi petir eksternal menggunakan *air terminal* yang terdiri dari jumlahnya, ukuran, dan area perlindungan, kabel penyalur terdiri dari jenis, panjang, dan jumlahnya, *grounding* terdiri dari jenis elektroda, kedalaman elektroda, dan jumlah elektroda. Untuk pemasangan sistem proteksi petir internal sebaiknya dipasang pada setiap panel - panel yang berisi peralatan elektronik dan instrument agar dapat terhindar dari efek sambaran petir . Perbedaan dari penelitian penulis yaitu pada penelitian penulis sudah terpasang proteksi petir internal berupa arrester di panel utama, dan untuk proteksi petir eksternal juga sudah terpasang.

Penelitian Ya' Suharnoto (2012) dengan judul “Evaluasi Sistem Proteksi Listrik Kantor Bupati Landak”. Penelitian ini menjelaskan bahwa pada kantor Bupati Landak sudah terpasang proteksi petir internal, namun belum sepenuhnya dapat melindungi jaringan komputer (LAN) LPSE Kabupaten Landak karena proteksi yang terpasang hanya berupa UPS sehingga jika ada tegangan lebih petir baik langsung maupun tidak langsung yang masuk melalui jaringan data. Sehingga perlu dipasang kembali arrester yang mampu menurunkan tegangan lebih maksimal 20 volt. Jika arus petir sebesar 36,16 kA, mengalir



pada salah satu fasa keluaran penghantar NYN (4 x 1 x 300 mm²) dari trafo distribusi maka besar arus maksimum yang mengalir ke beban gedung kantor bupati landak sebesar 18,08 kA, maka peralatan harus diberikan proteksi yang dapat memotong arus petir minimal 18,08 kA. Sehingga perlu di pasang *arrester* di panel utama dan sebelum masuk ke peralatan yaitu menggunakan *lightning arrester discharge gap* 50 kA dan over voltage arrester 3 kA. Perbedaan dengan penelitian penulis yaitu pada penelitian penulis selain adanya pemasangan *arrester* di panel utama, untuk melindungi peralatan listrik dan elektronik dengan menambah *arrester* di SDP, dan stop kontak menggunakan konsep zona proteksi petir pada gedung dan penggunaan *bonding equipotensial*.

2.2. Definisi Petir

Petir adalah sebuah proses kejadian alam di atmosfer antara sebelum hingga pada saat hujan (*thunder storm*). Muatan di dalam awan memiliki ion positif dan negatif akan terkonsentrasi dan muatan yang berlawanan akan timbul pada permukaan tanah di bawahnya. Apabila muatan bertambah, beda potensial antara awan dan tanah akan naik sehingga kuat medan di udarapun akan naik sehingga pada saat melebihi kuat medan antar awan maka akan terjadi pelepasan muatan. Kuat medan yang diperlukan untuk memulai aliran *streamer* adalah $EB = 10 - 40 \text{ kV/m}$ dengan ketinggian awan 1 – 2 km diatas tanah dan menghasilkan tegangan sebesar 100 MV (Sirait, 1987).

Petir memiliki sambaran kilat sebesar 15.000 hingga 20.000 °C dimana lebih panas lima kali dari panas permukaan matahari. Udara yang panas tersebut membuat udara memuai dengan sangat banyak dalam waktu sangat singkat sehingga tumbukan udara tersebut menyebabkan terjadinya suara guruh atau guntur yang sangat keras. Kekuatan yang dimiliki oleh petir bisa mencapai 200.000 ampere, sehingga arus petir yang terjadi dalam waktu sesaat ± 200 micro-detik dapat menimbulkan kerusakan yang sangat parah. Kilatan cahaya petir yang mengandung arus listrik sangat kuat tersebut dapat merusak apa saja yang dilaluinya. Bahaya yang disebabkan oleh petir bagi manusia dapat menyebabkan kematian, kerusakan pada bangunan dan kebakaran. Sedangkan bagi peralatan listrik dan elektronik sambaran petir dapat menyebabkan kerusakan yang sangat fatal akibat sambaran petir (Suprijono, 2014).



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2.1 Petir

(Sumber : Wikipedia, 2019)

Karakteristik Arus dan Tegangan Surja Petir

Petir mempunyai bentuk gelombang yang berupa gelombang impuls. Gelombang impuls merupakan suatu gelombang yang memiliki polaritas dan mempunyai waktu untuk mencapai puncak dengan singkat dan selanjutnya turun perlahan hingga mendekati nilai nol (eksponensial). Secara umum bentuk gelombang impuls petir dapat dinyatakan dalam bentuk matematis dengan persamaan (2.1) berikut di bawah ini : (Hutauruk, 1989 : 5)

$$u(t) = E(e^{-at} - e^{-bt}) \quad (2.1)$$

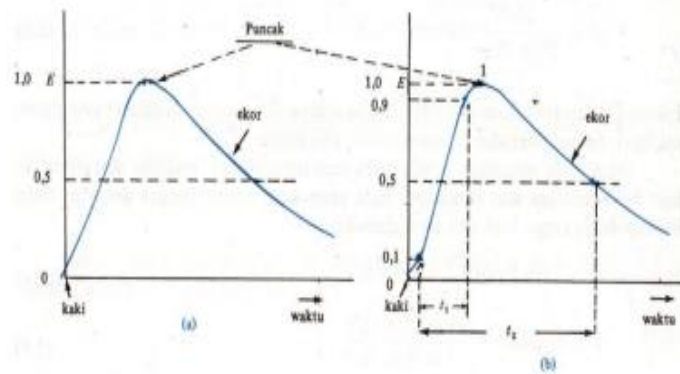
Dimana : E, a, b adalah konstan.

Dimana : E, a, dan b adalah konstanta.

Sedangkan untuk bentuk gelombang arusnya dapat dinyatakan dalam persamaan (2.2) sebagai berikut : (Hutauruk, 1989 : 5)

$$i(t) = A_L \cdot I_M (e^{-at} - e^{-bt}) \quad (2.2)$$

Gelombang impuls petir memiliki bentuk dan spesifikasi seperti yang terlihat pada gambar 2.2 dibawah ini.



Gambar 2.2 Spesifikasi Gelombang Impuls Bentuk Eksponensial

(Sumber : Hutaeruk, 1989 : 4)

Spesifikasi dari gelombang berjalan adalah :

1. Puncak gelombang (E) (kV) merupakan amplitudo maksimum dari gelombang.
2. Muka gelombang (t_1) (μs), yaitu waktu dari permulaan sampai puncak.
3. Ekor gelombang yaitu dibagian belakang gelombang, sedangkan Panjang gelombang (t_2) (μs), yaitu waktu dari permulaan sampai titik 50% E pada ekor gelombang.
4. Polaritas, yaitu polaritas dari gelombang ada yang positif (+) dan negatif (-).

Suatu gelombang berjalan dinyatakan sebagai $E = t_1 \times t_2$

Dimana t_1 = muka gelombang (μ detik)

t_2 = ekor gelombang (μ detik)

Sehingga suatu gelombang berjalan dengan polaritas positif, puncak 1000 kV, waktu muka 3 mikrodetik, dan panjang 21 mikro detik dinyatakan sebagai :
+1000, 3 x 21

2.3. Parameter Petir

Ada 4 parameter petir yang dapat digunakan untuk studi dan aplikasi dalam sistem proteksi petir. Masing – masing parameter petir tersebut memiliki pengaruh pada objek yang disambarnya. Parameter – parameter petir tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.1 dibawah ini.

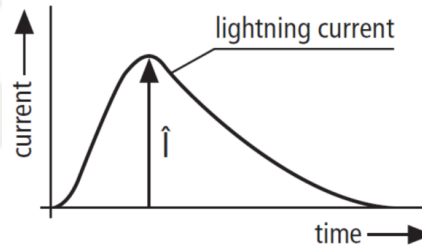
Tabel 2.1. Jenis – jenis parameter petir

Parameter Petir		Tingkat Proteksi		
		I	II	III – IV
Nilai arus puncak	I (kA)	200	150	100
Muatan ideal	Q total (C)	300	225	150
Muatan impuls	Q impuls (C)	100	75	50
Energi spesifik	W/R (kJ/Ω)	10000	5600	2500
Kecuraman rata-rata	di/dt 30/90% (kJ/μS)	200	150	100

Sumber : SNI 03-7015 (2004)

1. Arus puncak petir

Arus puncak petir adalah nilai maksimum dari impuls petir. Nilai arus puncak impuls petir ini digunakan dalam menyatakan suatu gelombang impuls petir, dan juga bisa menentukan tingkat proteksi dari sebuah sistem proteksi petir pada suatu bangunan, seperti yang ditunjukkan pada gambar 2.3 dibawah ini.



Gambar 2.3 Gambar Gelombang Arus Impuls Petir

(Sumber : DEHN, 2007 : 18)

Jika arus petir dengan puncak sebesar I_m yang masuk ke titik pembumian dengan resistansi R_{st} , maka tegangan yang dihasilkan oleh petir di titik pembumian akan naik seperti yang terlihat pada gambar 2.3. Kenaikkan tegangan tersebut sebesar :

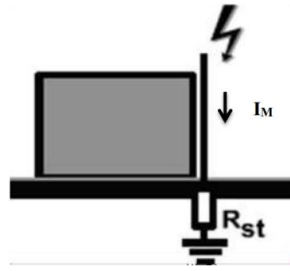
$$U_m = I_m \cdot R_{st} \quad (2.3)$$

dengan :

U_m : Jatuh tegangan pada pembumian

I_m : Arus puncak petir

R_{st} : Tahanan pembumian



Gambar 2.4 Kenaikan Potensial Pada Titik Pembumian
(Sumber : Hasse, 2008 : 49)

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Muatan Petir atau Muatan Total (Q)

Muatan petir (Q) digunakan untuk menentukan jumlah Energi (W) yang terwujud pada titik sambaran dan setiap tempat dalam busur listrik yang menembus isolasi. Sesuai dengan persamaan (2.4) dibawah ini :

$$Q = \int i \cdot dt \quad (2.4)$$

$$W = Q \cdot V_{a,k} \quad (2.5)$$

Dimana :

I = Arus petir

V_{a,k} = Tegangan jatuh anoda katoda

Pengaruh Muatan petir (Q) dapat melelehkan logam dan dapat menimbulkan bunga api. Energi yang terjadi pada kaki busur listrik titik sambaran petir berbanding lurus antara muatan petir (Q) dan tegangan jatuh (V). Parameter muatan petir ini berguna untuk menentukan dimensi penangkal petir. Salah satu contoh kasus akibat parameter muatan petir tersebut adalah kasus kilang minyak Cilacap yang membakar panel listrik dan kabel telepon.

3. Energi Spesifikasi Arus petir atau Arus Kuadrat Impuls dari Arus (E)

Energi (E) dapat menentukan pemanasan serta gaya impuls sesuai dengan persamaan (2.6) dibawah ini :

$$E = \int i^2 dt \quad (2.6)$$

Dimana :

I = Arus petir

E = Energi yang timbul

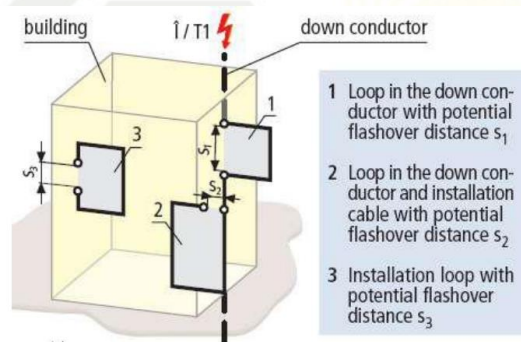
T = waktu

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masa
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

Pengaruh pada parameter ini adalah dapat mengakibatkan efek mekanik pada sambaran dan menimbulkan kenaikan temperatur yang mengakibatkan pemanasan. Parameter ini digunakan untuk menentukan dimensi penangkal petir. Akibat sambaran ini dapat mengakibatkan mematahkan metal, dan meratakan tembok. Contoh kasusnya yaitu peristiwa 8 Juni 1979 di Stasiun Bumi Cibinong, menghancurkan head tegangan penangkal petir diatas tiang antenna tinggi 90 m, dan yang meratakan tembok di STO Ketanggungan pada tanggal 12 maret 1996.

4. Kecuraman Arus Maksimum dari Petir

Saat terjadinya sambaran petir secara langsung pada suatu bangunan. Adanya kecuraman arus petir (di/dt) maksimum menyebabkan timbulnya induksi elektromagnetik pada *loop* (gelung) yang ada didalam suatu instalasi atau konstruksi yang tertutup atau yang terletak didekat konduktor yang dialiri arus petir, seperti yang terlihat pada gambar 2.4 dibawah ini dimana *loop - loop* yang terbentuk akibat kabel catu daya dan TI terhadap *down conductor*.



Gambar 2.5 Daerah Induksi Dalam Loop

(Sumber : DEHN, 2007 : 19)

Pada bagian loop 1 adalah loop terbuka yang terbentuk dari *down conductor* yang disebabkan karena adanya pembelokan *down conductor* yang mengikuti bentuk struktur bangunan. Sedangkan pada bagian *loop 2* terbentuk karena adanya kabel *down conductor* yang terhubung dengan kabel catu daya peralatan listrik dan peralatan elektronik yang ada didalam gedung. Sementara pada bagian *loop 3* adalah *loop* yang timbul akibat dua kabel yang berada dimanapun di dalam gedung yang bertemu pada suatu terminal dan membentuk *loop* baik antara dua kabel catu



daya dan telekomunikasi / teknologi informasi. Besar tegangan induksi dapat diketahui dengan persamaan (2.7) dibawah ini : (Hasse, 2008 :49)

$$U_m = M \left(\frac{di}{dt} \right)_{maks} \quad (2.7)$$

Dengan :

U_m : Tegangan induksi pada loop

M : Induktansi yang terhubung dari loop dalam H

di/dt : Kenaikkan rata – rata arus dalam A/s

Nilai M adalah induktansi bersama yang diketahui berdasarkan sebab timbulnya loop. Apabila yang timbul adalah loop 2 maka M dapat diketahui dengan menggunakan teori medan elektromagnetik dengan acuan dilihat pada gambar 2.5 dan dapat dihitung dengan persamaan (2.8) dibawah ini : (Hayt, 1982 : 308)

$$H = \frac{i}{2\pi\rho} \hat{a} \quad (2.8)$$

Besar kerapatan suatu medan magnet pada sebuah kawat dengan jari- jari (r) adalah

$$B = \frac{\mu_0 i}{2\pi\rho} \hat{a} \quad (2.9)$$

Maka besar fluksi yang timbul pada *loop* tersebut sebesar

$$\Phi = \iint B \cdot dA = \iint \frac{\mu_0 i}{2\pi\rho} d\bar{A} = \iint \frac{\mu_0 i}{2\pi\rho} d\rho dz \quad (2.10)$$

$$\Phi = \frac{\mu_0 i}{2\pi} \ln \rho \Big|_r^a Z \Big|_0^b = \frac{\mu_0 i}{2\pi} b \ln \frac{a}{r} \quad (2.11)$$

Besar tegangan induksi (U) pada loop dapat dihitung dengan cara menggunakan Hukum Faraday yaitu,

$$U = \frac{d\Phi}{dt} = M \frac{di}{dt} \quad (2.12)$$

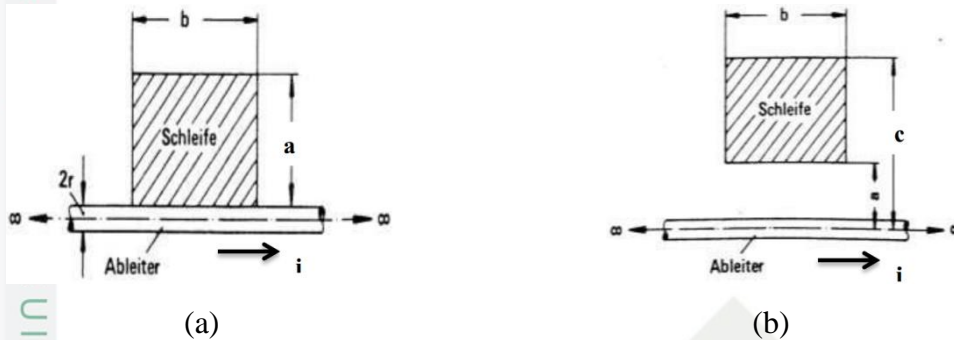
dengan memasukkan nilai $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$, maka

$$M = \frac{\mu_0 b}{2\pi} \ln \frac{a}{r} = 0,2b \ln \frac{a}{r} \mu H \quad (2.13)$$

Sedangkan untuk tegangan induksi yang terjadi di loop 3 seperti yang terlihat pada gambar 2.6 dengan penurunan rumus yang sama, dengan nilai M akan didapat sebesar,



$$M = 0,2 b \ln \frac{c}{a} \mu H \quad (2.14)$$

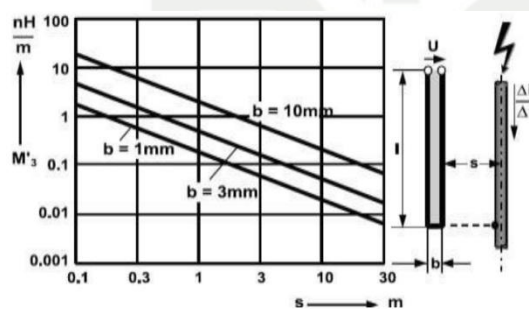


Gambar 2.6 Induksi Elektromagnetik Loop 2 (a) dan Loop 3 (b)

(Sumber : Hasse, 2008 : 51-52)

Sedangkan untuk *loop – loop* lain yang timbul akibat adanya kabel telekomunikasi atau teknologi informasi akan membentuk 2 konfigurasi, yaitu vertikal dan horizontal. Untuk konfigurasi yang membentuk vertikal induktansi bersama M dapat dilihat dari gambar 2.8 dibawah ini. Jika panjang kabel (l) dan jarak kabel dengan *down conductor* (s) sudah diketahui, maka nilai (M) dapat diketahui dari gambar dan dapat disubsitusikan dalam persamaan dibawah ini untuk mendapatkan besar tegangan induksi yang terjadi pada *loop* (U). (Hasse, 2008 : 54).

$$U = M \cdot l \cdot \frac{di}{dt} \quad (2.15)$$



Gambar 2.7 Loop Akibat Kabel Telekomunikasi Atau Teknologi Informasi Vertikal

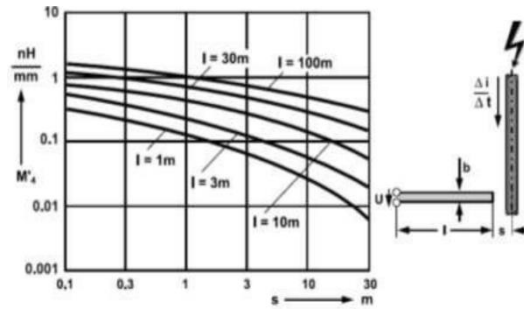
(Sumber : Hasse, 2008 : 54)

Sedangkan untuk konfigurasi horizontal, apabila panjang kabel (l) dan jarak selat minimum antara *down conductor* dengan kabel jaringan (s) sudah diketahui, maka nilai koefisien (M) dapat diketahui dari gambar dan disubsitusikan dalam persamaan (2.16)



dibawah ini untuk mendapatkan besar tegangan induksi yang terjadi pada *loop* (U). (Hasse, 2008 : 54).

$$U = M \cdot b \cdot \frac{di}{dt} \quad (2.16)$$



Gambar 2.8 *Loop* Akibat Kabel Telekomunikasi Atau Teknologi Informasi Horizontal
(Sumber : Hasse, 2008 : 54)

Sedangkan untuk mencari nilai (di/dt) maksimum dapat dilihat dari Tabel 2.2 dibawah ini, arus petir terusan akan lebih berpengaruh terhadap timbulnya *loop – loop* tegangan induksi akibat arus petir terusan yang tidak tertangkap oleh proteksi petir eksternal atau yang sering disebut dengan sambaran samping (*sideflash*). (Hasse, 2008 : 49).

Tabel 2.2. Tingkat Proteksi dan Arus Petir *Subsequent*

Protection level acc. To IEC	Threat Level acc. To VG	First Partial Lightning Impulse Current					Subsequent Lightning Impulse Current				Lightning Long-Duration Current	
		I_M (kA)	T_1 (μ s)	T_2 (μ s)	Q_1 (C)	W/R (MJ/ Ω)	I_M (kA)	T_1 (μ s)	T_2 (μ s)	I/T (kA/ μ s)	Q_1 (C)	T (S)
I	High	200	10	350	100	10	50	0,25	100	200	200	0,5
II	-	150	10	350	75	5,8	37,5	0,25	100	150	150	0,5
III – IV	Normal	100	10	350	50	25	25	0,25	100	100	100	0,5

Sumber : Hasse, 2008 : 46



Keterangan :

- I_M : Current Peak Value
- T_1 : From time according to DIN VDE Part 2 1878 – 10
- T_2 : Time to half according to IEC 60 – 1
- T : Current duration
- Q_1 : Impulse charge
- Q_2 : Long - duration Charge
- W/R : Spesific energy of current

Karena kecuraman paling tinggi saat (T_1) maka untuk menghitung nilai (di/dt) maksimum dapat dilihat dengan persamaan dibawah ini : (Hasse, 2008 : 46)

$$\left(\frac{di}{dt}\right)_{maks} = \frac{I_m}{T_1} \text{ kA}/\mu\text{s} \quad (2.17)$$

Dimana,

(di/dt) maks : Kecuraman arus petir maksimum ($\text{kA}/\mu\text{s}$)

I_M : Arus Puncak Impuls Petir (kA)

T_1 : Waktu muka impuls petir (μs)

2.4. Mekanisme Masuknya Surja Petir Pada Bangunan

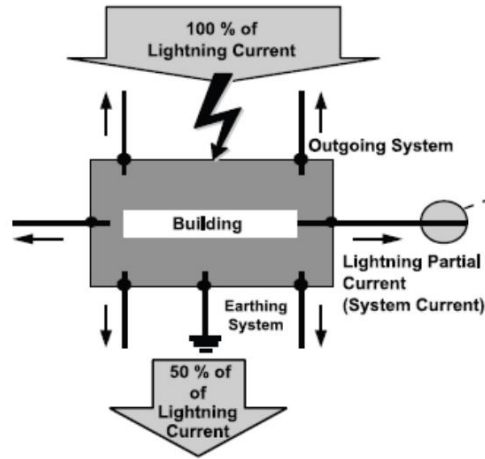
Arus petir dapat menyebabkan seluruh bagian bangunan akan mengalami kenaikan tegangan dan juga timbulnya *loop – loop* yang berbahaya pada bangunan. Jika arus petir sempat merambat dan mengalir pada suatu kabel berbahan konduktor yang berada diluar suatu bangunan yang terhubung ke dalam bangunan maka menyebabkan timbulnya tegangan elektromagnetis yang diinduksikan oleh kecuraman maksimum dari arus petir (di/dt) maks pada suatu instalasi atau konstruksi yang tertutup, bisa juga didekat konduktor yang dilalui arus petir.

2.5. Distribusi Arus Petir

Saat petir menyambar pada penangkal petir menurut DIN VDE 1085 part. 103,50 % arus petir akan disalurkan menuju tanah melalui konduktor penyalur (*down conductor*) dan 50 % arus petir yang sisanya akan masuk kedalam peralatan – peralatan yang ada didalam



gedung melalui mekanisme – mekanisme kopling dan konduktif yang ada pada gambar 2.9 dibawah ini.



Gambar 2.9 Distribusi Arus Petir pada Bangunan
(Sumber : Hasse, 2008 : 47)

2.6. Konduksi Gelombang Surja Petir

Surja adalah suatu energi yang merambat pada sebuah media, dari segi energi dapat dikatakan bahwa surja pada kawat disebabkan oleh penyuntikan energi secara tiba – tiba pada kawat energi pada kasus ini adalah saluran udara yang tersambar petir. Energi ini terdiri dari arus dan tegangan yang dihasilkan oleh petir sehingga merambat pada saluran. Kecepatan merambat saluran udara inibergantung pada konstanta - konstanta saluran. Pada saluran udara kecepatan merambatnya sekitar 300 meter per mikrodetik. Sedangkan pada kabel tanah kira- kira 150 meter per mikrodetik. (Hutauruk, 1989 : 2)

2.7. Media Perambatan Surja Petir

Ketika sambaran petir menyambar pada saluran distribusi dapat menyebabkan timbulnya tegangan lebih pada sistem dan gelombang berjalan yang merambat menuju trafo distribusi dan kemudian masuk ke bangunan, lalu menuju ke panel – panel kelistrikan yang ada didalam gedung sehingga menyebabkan kerusakan pada peralatan listrik. Gelombang berjalan ini sangat berbahaya untuk berbahan isolasi pada sistem yang dilewatinya, karena gelombang berjalan merupakan gejala transient yang merupakan fungsi waktu dengan selang waktu yang pendek. Untuk mendapatkan hasil dari besarnya



suatu gelombang berjalan dapat ditentukan dengan cara mencari nilai impedansi surja dari jaringan.

Untuk impedansi surja saluran udara distribusi menengah 20 kV dapat dicari dengan menggunakan persamaan (2.18) dibawah ini.

$$Z = 60 \ln \frac{2h}{r} \quad (2.18)$$

Dengan :

Z : impedansi surja saluran (Ω)

h : tinggi kawat dari tanah (m)

r : jari – jari konduktor (m)

Data ketinggian kawat diatas tanah dan jari – jari konduktor dapat diketahui dari parameter impedansi surja kawat seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.3 dibawah ini.

Tabel 2.3 Parameter – Parameter Impedansi Surja Kawat

Data Kawat	Tegangan yang digunakan			
	20 kV	66 kV	150 Kv	500 kV
Luas Penampang Konduktor (A)	95 mm ²	240 mm ²	305 mm ²	374 mm ²
Jari-jari Konduktor (r)	5,5 mm	8,74 mm	9,89 mm	10,9 mm
Ketinggian Kawat di Atas Tanah (h)	8,5 m	19 m	40 m	70 m

(Sumber : Dwi Harijanto, 2014)

Sedangkan untuk kabel :

$$z = \frac{60}{\sqrt{\epsilon}} \ln \frac{R}{r} \quad (2.19)$$

Dengan :

z : impedansi surja kabel (Ω)

ϵ : permitivitas kabel (2,5 sampai 4)

R : jari-jari isolasi pembungkus (mm)

r : jari-jari konduktor (mm)

Untuk konduktor padat dengan jari – jari r dan isolasi pembungkus jari – jari Rserta permitivitas ϵ . Umumnya kabel – kabel yang tersedia nilai ϵ nya sebesar 2,5 sampai 4.



Pada tabel bawah ini merupakan data untuk jenis kabel beserta ukuran konduktor dan isolasi yang ada di pasaran ditunjukkan pada tabel 2.4 dan 2.5 dibawah ini.

Tabel 2.4 Tabel Data Konstruksi Kabel NYY 4 x 1,5 – 400 mm² 0,6/1 kV

Nom. Cross Section Area (mm ²)	Overall Diameter aprox. (mm)	Cable Weight aprox. (kg/km)
1,5	13,8	259
2,5	15,0	324
4	17,3	453
6	18,7	563
10	21,5	794
16	23,5	1083
25	27,5	1558
35	30,0	2018
50	35,5	2466
70	39,0	3334
95	44,5	4491
120	48,5	5504
150	54,5	6787
185	59,0	8392
240	66,0	10818
300	72,5	13326
400	82,5	16969

(Sumber : PT. KMIWire and Cable Tbk.)

Tabel 2.5 Tabel Data Konstruksi Kabel NYY 3 x 1,5 – 35 mm² 300/500 V

Nom. Cross Section Area mm ²	Overall Diameter aprox. Mm	Cable Weight aprox. kg/km
1,5	10,0	136
2,5	11,0	186
4	12,0	246
6	13,5	335



10	17,0	527
16	20,5	816
25	24,5	1229
35	27,5	1601

(Sumber : PT. KMIWire and Cable Tbk.)

Untuk menentukan isolasi transformator distribusinya didasarkan atas tingkat isolasi dasar (TID). Tingkat isolasi dasar merupakan nilai patokan yang dinyatakan dalam tegangan puncak impuls pada suatu gelombang dasar, yaitu menurut standar IEC (*International Electrotechnical Commision*) adalah $1,2 \times 50 \mu s$. Untuk menentukan TID transformatornya, maka ditentukan terlebih dahulu tegangan tertinggi (U_{maks}) pada peralatan yang nilainya 110% dari tegangan sistem (U_{nom}) peralatan yang digunakan. (Hutauruk, 1989 : 104)

$$U_{maks} = U_{nominal} \times 1,1 \quad (2.20)$$

Kemudian untuk menentukan isolasi transformator, dapat dipakai isolasi yang dikurang (*reduced insulation*), yaitu tingkat isolasi yang lebih rendah dari yang telah ditetapkan. Tabel dibawah iniyang ada pada kolom 2 merupakan tingkat isolasi penuh (100%) yang biasa digunakan untuk peralatan atau sistem yang tidak diketanahkan atau terisolasi.

Tabel 2.6 Tingkat Isolasi Dasar (TID) Transformator

Tegangan Tertinggi Peralatan (rms) (kV)	100% TID (kV)	80% TID (kV)
1,2	30	24
8,7	75	60
12	95	76
23	150	125
34,5	200	160
49	250	200
66	350	280



92	450	360
115	550	440
138	650	520
161	750	600
180	825	660
196	900	720
230	1050	840
260	1175	940
287	1300	1040
345	1550	1240

(Sumber : Arismunandar, 2001 : 104)

Sedangkan yang terdapat pada kolom 3 karena sistem atau peralatannya yang diketanahkan sehingga cukup memakai arester 80%, maka tentu saja dapat dipakai TID 80%. Pengurangan isolasi ini sangat penting terutama untuk mendukung aspek ekonomis. (Arismunandar, 2001 : 104).

Pada impedansi surja internal dari belitan transformator bukan merupakan nilai tunggal konstan, namun sebaliknya belitan memiliki batas jangkauan dari impedansi surja. Batasan tersebut dapat dilihat pada tabel 2.7. ditunjukkan beberapa trafo yang dengan kapasitas yang berbeda – beda beserta rating tegangan pada sisi primer trafo.

Tabel 2.7 Impedansi – impedansi dari Transformator 3 – Fasa, 50 Hz, H.V. atau L. V., Hubungan Delta atau Bintang

Transformator kVA	Persentasi Impedansi		
	11 kV	33 kV	66 kV
100	4,75	5,0	5,0
250	4,75	5,0	5,0
500	4,75	5,0	6,0
1000	4,75	5,0	6,0
1500	5,5	6,0	7,0
2000	6,0	6,0	7,0
3000	6,0	7,0	7,5

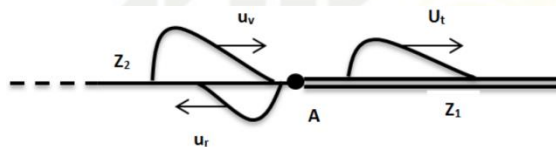


5000	6,0	7,0	7,5
7500	7,0	8,0	8,5
10000	-	9,0	9,0
20000	-	10,0	10,0
30000	-	10,0	10,0

(Sumber : Stigant, 1997 : 539)

2.7.1. Pantulan Dan Terusan Gelombang Berjalan

Apabila suatu gelombang berjalan menemui titik peralihan, dan adanya perubahan pada impedansi, maka sebagian gelombang akan dipantulkan dan akan diteruskan ke bagian yang lain dari titik tersebut. Gelombang yang datang dinamakan dengan *incident wave* (U_v), gelombang yang dipantulkan dinamakan dengan *reflected wave* (U_r), dan gelombang terusan dinamakan dengan *transmitted wave* (U_t). Dapat dilihat pada gambar (2.10) dibawah ini.



Gambar 2.10 Ilustrasi Pantulan dan Terusan gelombang berjalan

(Sumber : Hutaaruk, 1989 : 26)

Persimpangan tegangan dan arus terjadi pada titik A dimana terdapat perbedaan impedansi (Z_1) pada sisi kiri dan impedansi (Z_2) pada sisi kanan. Pada titik persimpangan A akan berlaku persamaan tegangan (Hutaaruk, 1989 : 27) dibawah ini.

$$u_v + u_r = u_t \quad (2.21)$$

Sementara untuk arus (Hutaaruk, 1989 : 27),

$$i_v + i_r = i_t \quad (2.22)$$

Dimana (Hutaaruk, 1989 : 27),

$$u_t = Z_2 i_t \quad (2.23)$$

Sehingga gelombang arus yang datang dinyatakan dalam persamaan (Hutaaruk, 1989: 27),



$$i_v = u_v / Z_1 \quad (2.24)$$

Dan gelombang arus pantulan dinyatakan sebagai (Hutauruk, 1989 : 27)

$$i_r = u_r / Z_1 \quad (2.25)$$

Maka disubsitusikan persamaan (2.24) dan (2.25) sehingga didapatkan gelombang tegangan pantulan (Hutauruk, 1989 :28)

$$u_r = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_1 + Z_2} u_v \quad (2.26)$$

Koefisien pantulan untuk tegangan adalah (Hutauruk, 1989 : 28)

$$\Gamma_{tegangan} = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_1 + Z_2} \quad (2.27)$$

Sedangkan gelombang tegangan terusnya dapat dicari dengan persamaan

$$u_t = \frac{2Z_2}{Z_1 + Z_2} u_v \quad (2.28)$$

Untuk gelombang arus pantulan sebesar (Hutauruk, 1989 : 28)

$$i_r = \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2} i_v \quad (2.29)$$

Untuk koefisien pantulan arus sebesar (Hutauruk, 1989 : 28)

$$\Gamma_{arus} = \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2} \quad (2.30)$$

Sehingga gelombang arus yang diteruskan dapat dicari dengan mensubsitusikan persamaan

$$i_r = \frac{Z_1 - Z_2}{Z_1 + Z_2} i_v \quad (2.31)$$

Sedangkan koefisien terusan untuk tegangan dilihat dari jumlah saluran cabang adalah (Hutauruk, 1989 : 29)

$$T = \frac{2}{n} \quad (2.32)$$



Apabila gelombang datang dari satu cabang sampai di titik percabangan, maka gelombang akan diteruskan ke $n - 1$ cabang yang lain, dengan total impedansi ekuivalennya sebesar,

$$Z_{2(ekivalen)} = \frac{Z_2}{(n-1)} \quad (2.33)$$

Sehingga akan didapatkan besar gelombang yang diteruskan sebesar (Hutauruk, 1989 : 29).

$$u_t = T \cdot u_v \quad (2.34)$$

Maka sambungan dengan banyak cabang merupakan cara yang baik untuk mengurangi kerusakan akibat surja petir. Jika surja petir yang masuk pada peralatan masih dianggap cukup berbahaya bagi peralatan terutama pada peralatan – peralatan yang sensitif dari surja petir, maka diperlukan pemasangan peralatan proteksi surja yang fungsinya untuk memotong surja yang akan masuk ke peralatan.

Pada dasarnya ada dua jenis tegangan lebih yang ditimbulkan oleh tegangan lebih petir yaitu :

1. Sambaran langsung atau dekat

Adalah sambaran yang langsung mengenai gedung / objek yang diproteksi, misalnya sambaran yang terjadi dekat dengan instalasi industri, atau sambaran pada hantaran udara tegangan rendah, atau sambaran pada pipa metal, kabel, dan lain-lain. Pada jenis sambaran ini, instalasi proteksi tegangan lebih akan dialiri oleh seluruh atau sebagian arus petir.

2. Sambaran Jauh

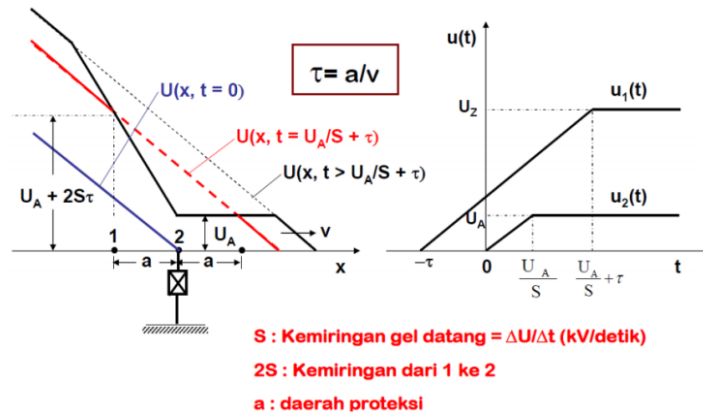
Adalah suatu sambaran yang misalnya menyambar hantaran udara atau induksi dari pelepasan muatan petir awan – awan pada hantaran udara atau sambaran dekat dengan hantaran udar sehingga timbul tegangan gelombang berjalan yang menuju ke peralatan listrik dan elektronik. Pada jenis sambaran ini, peralatan proteksi tegangan lebih akan dialiri oleh sebagian kecil arus petir atau arus induksi.

2.7.2. Pemotongan Gelombang Berjalan

Untuk melakukan pemotongan gelombang berjalan akibat dari sambaran petir tidak langsung dapat menggunakan alat proteksi petir berupa *arrester*. *Arrester* ini hanya akan



menjamin keandalan dalam membatasi tegangan sebesar U_A pada sisi terminal *arrester*. Pada jarak tertentu *arrester* dapat menyebabkan terjadinya tegangan yang lebih tinggi. Dibawah ini terdapat gambar proses pemotongan gelombang berjalan oleh *arrester*.



Gambar 2.11 Ilustrasi Pemotongan Gelombang Berjalan Oleh *Arrester*
(Sumber : Kind, 1993 : 213)

Panjang saluran di depan atau dibelakang *arrester* surja yang masih terlindungi disebut daerah proteksi (a). Pada saat $t = 0$, gelombang tiba di *arrester*. Waktu yang diperlukan untuk menempuh jarak a adalah terdapat dalam persamaan (Kind, 1993)

$$U_1 = U_A + 2S\tau \quad (2.35)$$

Pada saat $t = U_A/S$, *arrester* baru mulai merasakan tegangan U_A dan tegangan pada titik 1 mencapai U_1 dan pada titik dua gelombang mengalami pemantulan dengan kemiringan (-S). Pembatasan tegangan pada titik 1 baru berlangsung setelah selang waktu (t) berikutnya, yakni saat $t = (U_A/S) + \tau$. Pada saat ini nilai tegangan U_1 adalah sebesar (Kind, 1993).

$$a = \frac{U_1 - U_A}{2S} v \quad (2.36)$$

Dengan mendistribusikan persamaandimana nilai U_1 merupakan besar tegangan yang diizinkan masuk ke dalam peralatan listrik, sehingga nilai U_1 adalah nilai yang mengacu pada BIL peralatan listrik yang akan diamankan.



2.8. Kerusakan Akibat Sambaran Petir

2.8.1. Kerusakan Pada bangunan

Kerusakan pada bangunan yang diakibatkan oleh sambaran petir dapat berupa kerusakan thermis, seperti terbakar pada bagian yang tersambar, bisa juga berupa mekanis seperti atap runtuh, bangunan retak dan lain – lain.

2.8.2. Kerusakan Terhadap jaringan dan Instalasi Listrik

Gangguan jenis ini dikelompokkan menjadi 2 bagian yaitu : sambaran petir mengenai kawat tanah, dan sambaran petir mengenai kawat fasa. Sambaran petir langsung mengenai kawat tanah dapat mengakibatkan hal – hal sebagai berikut :

a. Terputusnya kawat tanah

Arus yang besar menyebabkan panas yang tinggi pada kawat tanah yang dapat melampaui kekuatan kawat untuk menahannya.

b. Naiknya potensial kawat tanah yang diikuti oleh back flash over ke kawat fasa

Pada saat terjadi sambaran pada kawat tanah dengan cepat potensial naik mencapai nilai yang cukup tinggi sehingga dapat menyebabkan lompatan muatan listrik ke kawat fasa didekatnya.

c. Naiknya potensial pentanahan menara transmisi yang menyebabkan bahaya tegangan langkah

Pada saat petir menyambar permukaan tanah, sejumlah arus petir dilepaskan ke bumi. Jika seseorang berdiri di dekat titik dimana terjadi sambaran, timbul beda potensial antara kakinya. Beda potensial ini akan menyebabkan arus mengalir melewati kaki dan melewati badan. Meskipun kecil, tetapi aru ini jika mengenai organ vital seperti otak, jantung, dan paru – paru maka akan megakibatkan kematian.

Jika dikenal ada tegangan langkah, ada juga tegangan yang disebut tegangan sentuh yang terjadi ketika seseorang menyentuh benda yang dialiri arus. Pada peralatan yang tidak ditanahkan arus tersebut akan mengalir lewat tubuh itu. Sambaran langsung mengenai kawat fasa mengakibatkan kenaikan tegangan tinggi pada kawat fasa. Kenaikan tegangan yang cukup tinggi ini dapat menyebabkan pecahnya isolator, kerusakan trafo, dan pecahnya *arrester*.



2.8.3. Kerusakan terhadap Peralatan Elektronik dan Listrik

Sambaran petir selain merusak benda diatas tanah secara langsung, juga dapat merusak peralatan di dalam suatu instalasi listrik secara tidak langsung. Disebabkan karena gelombang petir menyebarkan gelombang elektromagnetik yang terdiri dari medan listrik (E) dan medan magnetik (H), yang merupakan *Lightning Elecromagnetic Pulse* (LEMP) yang dapat merusak peralatan listrik dan elektronik melalui :

1. Konduksi gelombang elektromagnetik adalah akibat adanya sambaran dekat maupun sambaran jauh pada hantaran (telepon, listrik, kabel data, pipa, dan bahan metal lainnya).
2. Induksi gelombang elektromagnetik adalah akibat dari sambaran dekat.
3. Elevasi tegangan dari petir yang menyambat suatu objek di atas tanah, adalah terjadi pada sistem grounding akibat sambaran petir pada struktur bangunan / objek disekitarnya. Terjadinya tegangan lebih yang menyebabkan kerusakan pada sistem listrik tegangan rendah dan peralatan listrik yang dilengkapi dengan alat elektronik. Disebabkan karena adanya Pulsa Medan Elektromagnetik (Elektromagnetic Pulse – EMP) yang ditimbulkan oleh proses switching peralatan listrik pada power plant atau power supply(SEMP), petir (LEMP), ledakan senjata nuklir (NEMP), Surge voltage (tegangan terpa), atau current surge (arus terpa) yang datang dari proses operasi saklar pada sistem tegangan rendah itu sendiri.

2.8.3.1. Kerusakan Akibat Sambaran Langsung

Kerusakan ini terjadi karena sambaran petir mengenai suatu struktur bangunan dan merusak bangunan tersebut sekaligus peralatan elektronik yang ada didalamnya. Kerusakan yang terjadi dapat berupa kebakaran gedung, keretakan dalam dinding bangunan, kebakaran pada peralatan elektronik, kontrol, telekomunikasi, jaringan data dan sebagainya.

2.8.3.2. Kerusakan Akibat Sambaran Tidak Langsung

Kerusakan jenis ini terjadi karena petir menyambar suatu titik lokasi misalnya pada suatu menara transmisi atau menara telekomunikasi kemudian terjadi hantaran secara induksi melalui kabel aliran listrik, kabel telekomunikasi atau peralatan lain yang bersifat



konduktif sampai jarak tertentu yang tanpa disadari telak merusak peralatan elektronik yang jaraknya jauh dari lokasi sambaran semula.

Sambaran tidak langsung ini menimbulkan efek yang cukup merusak karena gelombang surja petir yang terjadi dapat menginduksi atau merambat ke sistem tenaga listrik akibat adanya perangkai (*coupling*) dapat dibedakan menjadi *Coupling resistive*, *Coupling Inductive*, dan *Coupling Capasitive*.

a. *Coupling resistive*

Coupling resistive ini timbul ketika suatu saat terjadi sambaran petir langsung ke tanah dekat suatu bangunan secara langsung juga akan megakibatkan kenaikan tegangan yang sangat besardisekitar permukaan yang disambarnya. Akibatnya akan berpengaruh pada sistem pentanahn tenaga listrik (misalnya pada pipa yang ditanahkan) dimana pada sistem pentanahan yang berbeda akan memiliki nilai potensial yang berbeda pula sehingga akan dimungkinkan mengalirnya arus balik melalui sistem tenaga listrik yang ada pada bangunan tersebut yang tentu saja menimbulkan kerusakan sepanjang jalur yang dilaluinya. Jalur arus balik tersebut juga dapat melalui saluran komunikasi atau data antara gedung yang terkena efek dari sambaran langsung dengan gedung lainnya. Dalam hal ini besarnya tegangan surja yang terjadi karena sambaran petir secara langsung ke tanah didekat bangunan nilainya dipengaruhi oleh besarnya arus kanal petir yang disalurkan pada permukaan tanah tersebut, resistansi tanah dan jarak titik sambaran dengan terminal pentanahan bangunan.

Bahaya sambaran ini terjadi karena petir merupakan salah satu gejala alam yang juga menghasilkan energi listrik yang sangat besar sehingga apabila menyambar suatu objek di luar area bangunan seperti pada jaringan listrik dari PLN menuju ke dalam bangunan tersebut. Disebabkan karena sistem jaringan listrik dari PLN memakai kabel udara terbuka, jadi apabila ada petir yang menyambar pada kabel terbuka tersebut maka arus petir bisa mengalir. Untuk mencegah terjadinya kejadian itu maka sebaiknya dilakukan pemasangan arrester sebagai pengaman tegangan lebih (*over voltage*).

b. *Coupling Induktive*

Coupling inductive ini akan timbul apabila terjadi samabran langsung pada sistem perlindungan terhadap petir yang ada di luar bangunan (*external*



Lightning Protection System). Adanya aliran arus dari terminal udara ataupun finial melalui penghantar penyalur menuju elektroda pentanahan akan mengakibatkan timbulnya pulsa elektromagnetik yang sangat besar, dan karena di dalam gedung tersebut terdapat kabel yang juga memiliki nilai induktansi maka akan timbul tegangan induksi pada kabel yang nilainya dapat diperoleh berdasarkan rumus di bawah ini :

$$V_{ind} (v) = L \frac{di}{dt} \quad (2.37)$$

Dimana :

V_{ind} = Tegangan Induksi (Volt)

L = Induksi dari penghantar

di/dt = Perubahan arus terhadap waktu ini tentunya juga tidaklah kecil dan dapat menimbulkan kerusakan yang cukup berarti pada peralatan, terutama peralatan elektronik yang menggunakan perangkat semikonduktor.

c. *Coupling Capacitive*

Coupling Capacitive ini timbul akibat sambaran petir pada saluran udara tegangan tinggi secara langsung, meskipun sebagian dari efek sambaran ini telah dikurangi oleh peralatan pelindung pada saluran udara tersebut tetap masih ada sebagian yang mengalir yang menuju saluran tegangan menengah dan tegangan rendah yang berdasarkan sifat alamnya dimana pada muka gelombang petir akan memiliki frekuensi yang tinggi maka akan terjadi coupling kapasitif pada transformator yang mengakibatkan kerusakan pada peralatan yang terhubung dengannya karena peningkatan tegangan yang cukup tinggi.

2.8.4. Kerusakan Terhadap Manusia

Apabila aliran listrik akibat sambaran petir mengalir melalui tubuh manusia, maka organ- organ tubuh yang dilalui oleh aliran tersebut akan mengalami kejutan (*shock*). Arus tersebut dapat menyebabkan berhentinya kerja jantung. Selain itu, efek rangsangan dan panas akibat arus petir pada organ – organ tubuh dapat melumpuhkan jaringan – jaringan / otot- otot bahkan bila energinya besar dapat menghanguskan tubuh manusia.

Perlu diketahui, yang menyebabkan kematian bukan saja karena sambaran langsung tapi juga sambaran tidak langsung, karena di sekitar titik / tempat yang terkena sambaran



akan terdapat muatan listrik itu akan menyebabkan adanya tegangan langkah pada manusia yang ada disekitar titik sambaran, serta dapat membahayakan. Tegangan langkah merupakan tegangan yang timbul antara dua bagian tubuh manusia yang berada pada suatu gradien tegangan, sehingga antara kedua bagian tubuh tersebut timbul beda tegangan dan menyebabkan arus listrik mengalir di dalam tubuh.

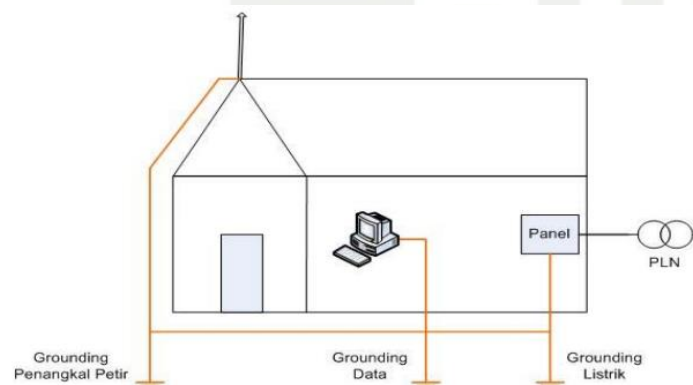
2.9 Rancangan Sistem Proteksi Petir (SPP)

Dengan banyaknya bahaya yang disebabkan oleh sambaran petir, maka perlu melakukan perancangan sistem proteksi petir untuk melindungi bangunan maupun peralatan listrik dan elektronik.

2.9.1. Sistem Proteksi Petir Internal

Sistem proteksi petir Internal mengacu pada standar IEC 61024-1 bertujuan untuk menurunkan atau menghilangkan pengaruh gelombang elektromagnetik yang diakibatkan oleh arus petir yang masuk ke sistem peralatan yang diproteksi. Untuk mengamankan peralatan – peralatan listrik dan elektronik dari bahaya arus petir dapat melakukan perancangan proteksi petir internal dengan menggunakan *arrester* maka perancangannya terdiri dari :

- Arrester*
- Kabel penyalur arus petir
- Pembumian (*Grounding*)



Gambar 2.12 Sistem Proteksi Petir Eksternal, Internal dan Perpipaan

(Sumber : www.jasapasangpenangkalpetir.com, 2019)



2.9.1.1. Arrester

Arrester berbentuk kotak seperti MCB pada tegangan rendah dan tumpukan resistor pada rangkaian tinggi untuk memutus arus tinggi dan singkat, karena petir bisa merambat melalui material logam yang konduktif yang dapat masuk ke dalam ruangan melalui kabel jaringan listrik, kabel jaringan data, kabel komunikasi, pipa air yang berada di dalam suatu bangunan. Alat ini bekerja dengan cara membatasi surja tegangan lebih yang masuk pada jaringan pengkabelan dan akan mengakhirkannya ke tanah.

Di dalam *arrester* memiliki material MOV (*Metal Oxide Varistor*) yang sering dimanfaatkan untuk sistem tegangan rendah, karena sebuah *arrester* terbuat dari beberapa buah keping varistor yang memiliki nilai kapasitas berkisar 0,2 sampai 10 nF. MOV memiliki sifat non linier dimana nilai resistansinya dikontrol berdasarkan nilai tegangan. Jika arus petir sudah masuk, maka MOV akan mengalami penurunan sehingga menjadi konduktor dan mengalirkan ke pembumih, dan jika pada saat arus petir mengalami penurunan maka tahanan pada *arrester* akan kembali naik sehingga *arrester* akan bersifat sebagai isolator.

2.9.1.2. Jenis Arrester

Ada tiga jenis *arrester* yang biasa digunakan untuk mengamankan keperluan perangkat listrik dan elektronik yaitu :

1. Arrester Listrik

Arrester listrik digunakan untuk melindungi sistem listrik yang diproteksi secara bertingkat dan tergantung pada tegangan potongnya. Untuk pemasangan *arrester* listrik sebaiknya dipasang secara berlapis, lapis pertama yaitu pemasangannya sedapat mungkin didekat titik masuk instalasi listrik dalam gedung yaitu di dalam panel utama atau MDP (*Main Distribution Panel*), jika arus petirnya masih besar dari arus maksimal yang dimiliki *arrester* tersebut, maka *arrester* lapis kedua sebaiknya dipasang di panel pembagi SDP (*Sub Distribution Panel*), dan jika arus petirnya masih besar dari arus maksimal dari *arresternya*, maka *arrester* perlu dipasang pada alat – alat elektronik yang sensitif agar arus petir yang masuk akan semakin kecil. *Arrester* listrik dirancang mengikuti standard internasional yaitu IEC61643-1 dan GB18802.1, dan mengikuti standard rail 35 mm yang digunakan untuk *arrester* panel SDP.



2. *Arrester* Data

Arrester data untuk melindungi jaringan kabel data, misalnya kabel data UTP yang terhubung dengan *outdoor* atau petir masuk melalui kabel telepon modem internet speedy menuju kabel UTP. Arrester data dirancang mengikuti standard internasional seperti IEC61643-1 dan Gb18802.1. Pada komputer yang memasang jaringan LAN juga sangat membutuhkan arrester data. Tempat pemasangan bisa di router, server, PC.

3. *Arrester* Antena

Arrester antena dapat dirancang di televisi, radio sistem.

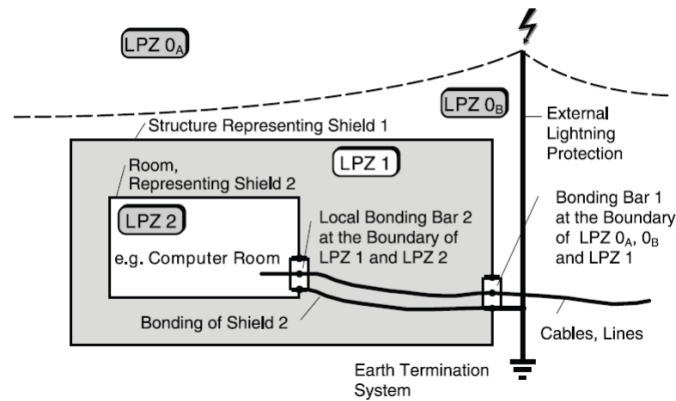
2.10. Pembagian Zona Proteksi Petir

Sesuai dengan standar IEC 62305 – 3 menyebutkan bahwa sebuah sistem proteksi petir melindungi manusia dan material yang berharga pada gedung – gedung, akan tetapi tidak melindungi sistem kelistrikan dan elektronik yang sensitif terhadap lonjakan energi tinggi transien yang dihasilkan oleh sambaran petir dan operasi pensaklaran yang berada didalam gedung. Untuk proteksi peralatan listrik dan elektronik dapat dilakukan dengan menggunakan prinsip zona proteksi petir (LPZ). Pada prinsip zona proteksi petir ini, bangunan atau struktur yang harus dilindungi dibagi menjadi zona proteksi petir internal berdasarkan tingkat ancaman yang ditimbulkan oleh pulsa elektromagnetik petir seperti yang terlihat pada gambar 2.13 dibawah ini. Hal ini memungkinkan area dengan tingkat resiko pulsa elektromagnetik yang berbeda sesuai dengan tingkat ketahanan sistem elektronik.

Dengan menggunakan konsep zona proteksi petir ini, LPZ yang sesuai dapat ditentukan berdasarkan pada nomor, tipe dan sensitivitas dari peralatan listrik dan elektronik, yang diklasifikasikan mulai dari zona lokal yang kecil sampai ke zona tambahan lebih luas yang dapat meliputi seluruh bangunan. Berdasarkan tipe dari bentuk ancaman akibat sambaran petir, maka penentuan zona proteksi petir yang sesuai adalah (Hasse, 2008 : 81)

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2.13. Konsep Pembagian Zona Proteksi Petir
(Sumber : Hasse, 2008 : 81)

2.10.1. Zona Eksternal

Zona proteksi eksternal adalah zona proteksi yang fungsinya untuk menentukan kebutuhan perlindungan pada bagian luar gedung yang sangat rentan terhadap sambaran petir langsung.

1. LPZ 0_A : Di zona inilah terjadinya sambaran petir langsung sehingga harus dapat mengalirkan arus petir seluruhnya, karena di tempat inilah terjadinya medan elektromagnetik yang paling tinggi dan tanpa ada redaman.
2. LPZ 0_B : Di zona ini suatu benda atau peralatan yang tidak menjadi sasaran sambaran petir langsung tetapi pada zona ini masih terjadi medan elektromagnetik yang tinggi dan tanpa redaman.

2.10.2. Zona Internal

Zona proteksi internal untuk melindungi peralatan listrik dan peralatan elektronik yang sangat rentan terhadap sambaran petir tidak langsung. Pembagian zona proteksi petir internal didefinisikan sebagai berikut :

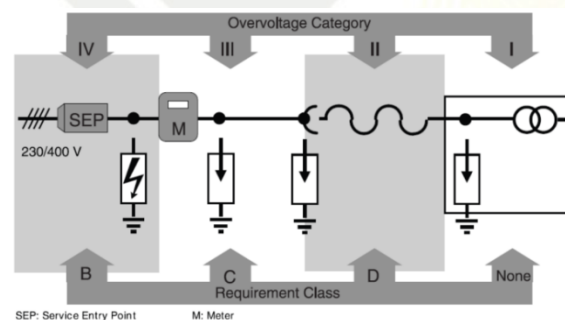
1. LPZ 1 : Zona tempat benda atau peralatan tidak menjadi sasaran sambaran petir langsung dan arus pada semua tempat pada bagian konduktif. Di zona inilah medan elektromagnetik dapat diredam, akan tetapi tergantung pada tindakan pemerisaianya.
2. LPZ 2 : Zona dimana arus impuls lebih lanjut dibatasi oleh pemisahan arus oleh *arrester* batas – batas zona juga medan elektromagnetik dari sambaran petir biasanya diredam oleh perisai (*shielding*) spasial.



Persyaratan pada zona internal harus ditentukan sesuai dengan ketahanan dari sistem listrik dan sistem elektronik yang harus dilindungi. Pada batas dari masing – masing zona internal, dan pemasangan bonding ekipotensial harus dilakukan pada semua komponen logam dan jalur masuknya arus petir ke dalam gedung. Hal ini dapat dilakukan dengan cara pemasangan arrester.

2.11. Koordinasi Arrester

Konsep LPZ akan digunakan dalam penentuan kelas *arrester*. Hal ini bertujuan agar koordinasi *arrester* memiliki kehandalan dan menjamin bahwa tidak ada *arrester* yang akan terbebani lebih ketika terjadi pelepasan arus petir pada arrester arus petir kelas B pada LPZ 0_A hingga 1. Setelah itu pengurangan energi sisa akan dilakukan oleh *arrester* tegangan lebih kelas C pada LPZ 2 dan pada waktu yang sama juga berfungsi sebagai proteksi tegangan lebih karena induksi dari operasi pensaklaran dan sambaran tidak langsung. *Arrester* kelas D dapat mengurangi nilai tegangan lebih residu / sisa sehingga nilainya aman untuk peralatan. Pada gambar dibawah ini menunjukkan koordinasi *arrester* berdasarkan zona proteksi, kelas *arrester*, serta pemilihan tingkat pemotongan *arrester* berdasarkan kategori ketahanan surjanya yang ditunjukkan pada Gambar 2.14 dibawah ini.



Gambar 2.14 Koordinasi Arrester

(Sumber : Hasse, 2008 : 120)

Dibawah ini adalah penjelasan untuk pemilihan kelas *arrester* yang mengacu pada Standar IEC (*International Electrotechnical Commission*) dan VDE (*Verband Deutscher Electrotechniker*) tentang tingkat perlindungan suatu sistem proteksi terhadap tegangan berlebih, penanganan instalasi kelistrikan



1. Arrester kelas B (*arrester* arus)

Kapasitas yang dimiliki *arrester* sebesar 4 kV, lokasi dari *arrester* arus adalah area dari sumber dimana arus petir yang tinggi dapat timbul. Dapat dipasang di panel MDP (*Main Distribution Panel*).

2. Arrester kelas C

Kapasitas yang dimiliki *arrester* sebesar 2,5 kV, tipe lokasi dari *arrester* ini adalah pada daerah sub distribusi. Tempat dimana tegangan residu dari *arrester* arus petir dan arus surja ($8/20 \mu s$) pada batas kA harus terkontrol dengan aman. Penempatannya di SDP (*Sub Distribution Panel*).

3. Arrester kelas D

Kategori yang dimiliki oleh *arrester* ini ada I dan II, dimana kategori I memiliki kapasitas *arrester* sebesar 1,5 kV dan kategori II memiliki kapasitas *arrester* sebesar 0,8 kV. *Arrester* sebesar ini ditempatkan diantara distribusi dan terminal atau socket stop kontak.

Berikut ini kategori ketahanan surja oleh yang mana merupakan dasar pemilihan kapasitas *arrester* yang akan digunakan pada setiap kategori koordinasi.

Tabel 2.8 Kategori Ketahanan Surja

Tegangan Kerja Sistem (V)	Kategori Tingkat Pemotongan Tegangan Kerja Arrester (V)			
	I	II	III	IV
100	330	500	800	1500
150	500	800	1500	2500
300	800	1500	2500	4000
600	2500	4000	6000	8000
1000	4000	6000	8000	12000

(Sumber : Hasse, 2008 : 73)

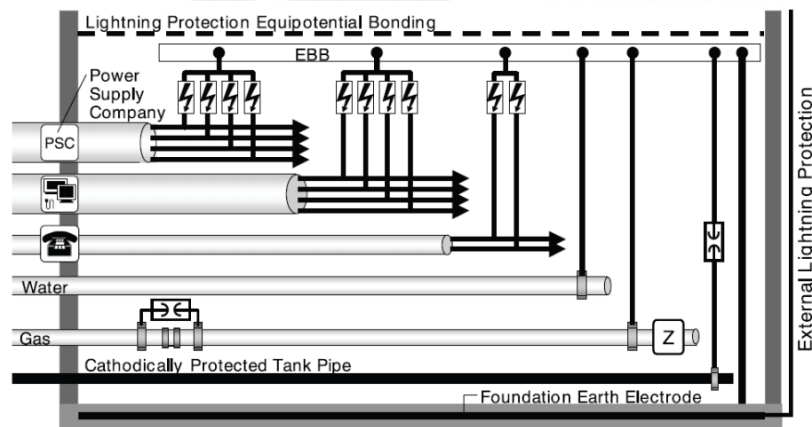
2.12. Bonding Ekipotensial / Peralatan Penyamaan Tegangan

Adalah pelat tembaga dimana seluruh sistem pembumian dari peralatan dan konstruksi metal di dalam suatu sistem proteksi petir dihubungkan ke pelat tembaga secara langsung maupun melalui alat proteksi tegangan lebih yang terpasang yang fungsinya



untuk mengurangi dan menghilangkan beda tegangan pada peralatan yang terjadi akibat adanya arus petir yang masuk melalui kabel jaringan listrik maupun kabel jaringan data. Pada saat arus petir yang menyambar penangkap petir, arus petir mengalir pada konduktor penyalur dan pembumian dan menimbulkan beda tegangan yang besar antara bagian pembumian yang satu dengan bagian pembumian yang lain, logam dan peralatan yang ada sehingga dapat menimbulkan lompatan muatan atau lompatan bunga api. Peralatan penyama tegangan sangat penting peranannya dalam mengurangi dan meniadakan beda potensial tegangan tersebut. Seluruh peralatan metal dan instalasi yang dapat menghantarkan arus listrik harus dihubungkan ke peralatan pembumian melalui jarak terpendek.

Bonding ekipotensial dihubungkan ke seluruh sistem pembumian dari *grounding* instalasi listrik dalam gedung, *grounding* untuk kabel data, pipa air, pipa pembuangan, pipa pemanas, pagar besi dan lainnya seperti yang terlihat pada gambar instalasi tertentu seperti pipa gas, tengki minyak, instalasi dengan pembumian terpisah dihubungkan pada bonding ekipotensial dengan sela percik (*spark gap*). Seluruh kabel - kabel informasi telekomunikasi dan TI, data, dan control juga dihubungkan dengan bonding ekipotensial dengan menggunakan peralatan proteksi yang sesuai.



Gambar 2.15 Bonding Potensial Peralatan

(Sumber : Hasse, 2008 : 80)

2.12.1. Bonding Ekipotensial untuk Sistem Tegangan Rendah

Bonding ekipotensial untuk instalasi listrik tegangan rendah sebagai sebagian dari proteksi petir internal sesuai dengan IEC 62305 – 3 adalah perpanjangan dari bar bonding



ekipotensial utama sesuai dengan IEC 60364 – 4 – 41. Semua bagian konduktif yang ada luar juga diintegrasikan pada instalasi listrik dengan tegangan rendah kedalam bonding ekipotensial.

2.12.2. Bonding Ekipotensial untuk Sistem Teknologi informasi

Proteksi petir internal atau bonding ekipotensial petir mensyaratkan bahwa semua komponen logam konduktif seperti jalur kabel dan *shielding* di pintu masuk ke gedung harus dimasukkan ke dalam bonding ekipotensial sehingga menyebabkan impedansi sesedikit mungkin. Dalam rangka meminimalkan loop induksi dalam bangunan, langkah – langkah tambahan berikut ini yang direkomendasikan adalah :

1. Kabel dan pipa logam harus masuk ke gedung di lokasi yang sama.
2. Jalur daya (catu daya) dan jaringan teknologi informasi harus di letakkan pada jarak yang dekat tetapi terlindungi.
3. Kabel panjang yang tidak dibutuhkan sebaiknya dihindari dengan meletakkan langsung pada jalur.

2.12.3. Kedekatan dan Jarak Aman Instalasi Listrik dengan Bonding Ekipotensial

Bonding ekipotensial untuk instalasi listrik, telekomunikasi dan instrumentasi harus dibuat sedekat mungkin dengan titik masuk ke dalam bangunan gedung. Bila kondisi tersebut tidak dapat dipenuhi maka harus terdapat jarak pemisah antara instalasi logam juga antara bagian konduktif eksternal yang dapat dihitung dengan persamaan dibawah ini (SNI – 03 – 7015, 2004 : 35).

$$s = k_i \cdot \frac{k_c}{k_m} \cdot L \text{ (m)} \quad (2.38)$$

Dengan :

- K_i : Konstanta tergantung pada tingkat proteksi yang dipilih (2.9)
 K_c : Konstanta tergantung pada konfigurasi dimensi (2.21, 2.22, 2.23)
 K_m : Konstanta tergantung pada bahan pemisah (2.10)
 $L \text{ (m)}$: Jarak sepanjang konduktor penyalur dari titik terdekatnya yang dipertimbangkan ke titik bonding ekipotensial terdekat.

Persamaan diatas berlaku jika konduktor penyalur mempunyai kelipatan 20 m yang terlihat pada tabel 2.9 dibawah ini :



Tabel 2.9 Kedekatan Instalasi Petir, Nilai Koefisien K_i

Tingkat Proteksi	K_i
I	0,1
II	0,075
III dan IV	0,05

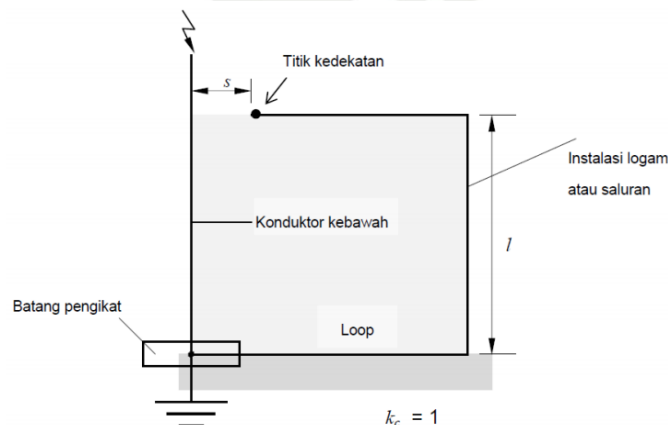
(Sumber : SNI – 03 – 7015, 2004 : 36)

Tabel 2.10 Kedekatan Instalasi Proteksi Petir, Nilai Koefisien k_m

Bahan	k_m
Udara	1
Padat	0,5

(Sumber : SNI – 03 – 7015, 2004 : 36)

Pemisahan jarak yang melebihi dari jarak umum perlu dijaga antara sistem proteksi petir eksternal dengan semua bahan konduktif yang terhubung pada bonding ekipotensial pada bangunan gedung. Jarak aman dapat dievaluasi dengan persamaan (3.36) untuk nilai K_c yang sudah dihitung untuk konduktor penyalur berjarak 20 m (tingkat proteksi III). Untuk jarak konduktor yang tidak sama dari 20 m dan untuk pemasangan simetris, evaluasi K_c seharusnya merupakan jarak antara titik sambungan bonding ekipotensial dan titik kedekatannya.

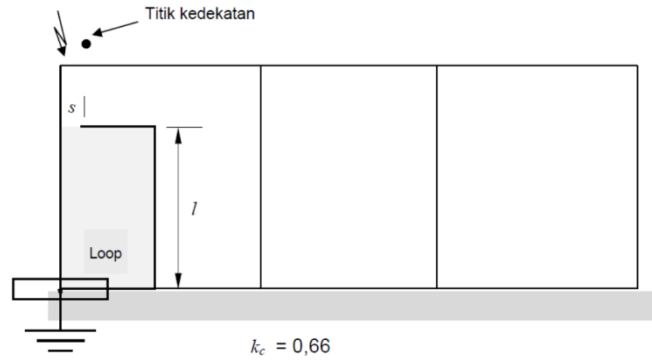


Gambar 2.16 Nilai Koefisien K_c dalam Konfigurasi Satu – Dimensi

(Sumber : SNI – 03 – 7015, 2004 : 36)

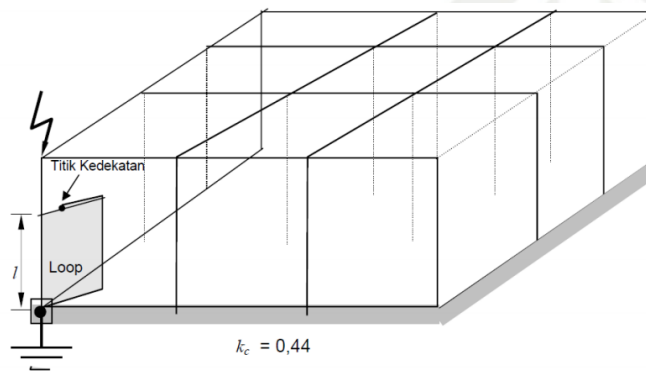
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masa
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumpukan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2.17 Nilai Koefisien K_c dalam konfigurasi Dua - Dimensi

(Sumber : SNI – 03 – 7015, 2004 : 37)



Gambar 2.19 Nilai Koefisien K_c dalam konfigurasi Tiga – Dimensi

(Sumber : SNI – 03 – 7015, 2004 : 37)

Untuk penentuan kelas arester dapat dicari dengan melihat Tabel 2.8 yang disesuaikan dengan tingkat LPZ pada tiap layanan kelistrikan pada setiap lantai dan tingkat proteksi pada tiap ruangan yang ada di data skunder. Setelah mengetahui kebutuhan kelas *arrester* yang ada pada tiap ruangan, maka hasilnya dapat dibuat berupa tabel.

Analisis untuk penempatan bonding ekipotensial tergantung pada penempatan arester, karena arester akan terhubung dengan bonding ekipotensial pada satu titik. Bonding ekipotensial diperlukan untuk semua instalasi listrik karena bonding ekipotensial mengatasi tegangan lebih pada peralatan elektronika di dalam suatu bangunan. Bonding ekipotensial menghilangkan perbedaan potensial, yakni mencegah kontak tegangan berbahaya antara konduktor pelindung dari instalasi tenaga listrik tegangan rendah dan logam, air, gas dan pemanasan pipa.



2.13. Pemilihan Penghantar atau Kabel Penyalur Arus Petir

Ukuran kabel atau arus penghantar petir dipilih sesuai dengan besar arus nominal yang akan mengalir melalui kabel / penghantar tersebut sesuai dengan lingkungan pemasangannya. Dasar pertimbangannya adalah adanya efek pemanasan yang akan dialami oleh penghantar apabila arus yang mengalir melampaui batas. Apabila melampaui batas akan menimbulkan efek panas yang berkepanjangan yang akhirnya bisa merusak isolasi atau membakar benda – benda sekitarnya. Maka untuk menghindarinya, maka ukuran kabel harus sesuai dengan standar PUIL (Peraturan Umum Instalasi Listrik).

Penghantar memiliki dua jenis yaitu : (Sumardjati, 2008 : 49)

1. Kawat merupakan penghantar tanpa isolasi (telanjang) yaitu dibuat dari Cu (Tembaga), AL (Alumainium).
2. Kabel merupakan jenis penghantar yang terbungkus isolasi, ada yang berinti satu, ada yang berinti banyak, ada yang kaku atau serabut, ada yang dipasang di udara atau didalam tanah, dan masing – masing digunakan sesuai dengan kondisi pemasangannya.

Untuk menentukan diameter dari kabel penyalur petir dapat dicari berdasarkan tingkat proteksi petir yang sudah didapat (pada proteksi petir eksternal). Dibawah ini terdapat diameter kabel penyalur petir berdasarkan tingkat proteksi petirnya sebagai berikut :

Tabel 2.11 Nilai r berdasarkan tingkat proteksi bangunan

Tingkat Proteksi	Nilai r (m)
I	20
II	30
III	45
IV	60

Sumber : NFC 17-102 (2011)

Ukuran diameter atau luas penampang konduktor khusus untuk konduktor yang akan digunakan pada proteksi petir adapun persamaan yang dapat digunakan yaitu :



$$A_0 = I_0 \times \sqrt{\frac{8,5 \times 10^{-6} \times S}{\log_{10}(\frac{T}{274} + 1)}} \quad (2.39)$$

Dimana:

- A_0 = Luas Penampang Minimum
- I_0 = Arus Puncak Petir
- S = Lamanya waktu sambaran petir
- T = Temperatur Konduktor yang diijinkan

Adapun standar ukuran minimum bahan sistem proteksi petir penggunaan konduktor penyalur (*Down Conductor*) bisa dilihat dari tabel 2.12 berikut.

Tabel 2.12 Standar Bahan Konduktor Penyalur

Tingkat Proteksi	Bahan	Luas Penampang Konduktor Penyalur (mm ²)
I sampai IV	Cu (Tembaga)	16
	Al (Aluminium)	25
	Fe (Besi)	50

Sumber : SNI 03-7015-2004

Untuk memilih jenis kabel penyalur petir harus sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI), kabel penyalur petir yang sering dipakai terbuat dari tembaga, yang memiliki ukuran minimal luas penampangnya sebesar 16 mm². Semakin besar ukuran luas penampangnya maka akan semakin mudah arus petir tersalurkan ke pembumian.

Sedangkan untuk jenis kabel penyalur petir yang dipakai tergantung dari jalur instalasi listrik yang dilewati, jenis kabel tersebut yaitu :

1. Out Door Instalasi

Bila instalasi kabel penyalur petir diletakkan di luar bangunan dan jauh dari instalasi lain (jaringan listrik dan data) ataupun jauh dari jangkauan manusia , maka jenis kabel penyalur petir yang digunakan adalah kabel dari tembaga yaitu BC (*Bare Copper*) minimal ukuran luas penampangnya sebesar 50 mm dengan memakai lapisan pelindung agar bisa tahan lama.

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masa
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 2.19 Kabel BC (*Bare copper*)
(Sumber : Pusatgroundingindonesia.com)

2. In / Out Door Instalasi

Untuk kabel penyalur petir yang diletakkan di dalam bangunan dan bisa jauh dari instalasi lain (jaringan listrik dan data) ataupun jauh dari jangkauan manusia, maka jenis kabel penyalur petir yang digunakan adalah kabel NYY karena memiliki dua isolator atau dua lapisan pembungkus dari tembaga minimal ukuran luas penampangnya sebesar 50 mm² atau 70 mm² dengan pertimbangan kabel ini cukup mampu menahan induksi petir.



Gambar 2.20 Kabel NYY
(Sumber : Pakarpetir.com)

3. Indoor High Instalasi

Bila jalur instalasi tidak bisa dihindarkan dari instalasi lain (jaringan listrik, jaringan data, control dll), maka jenis kabel pengyalur petir yang dipakai adalah jenis kabel HVSC (*High Voltage Single Core*).

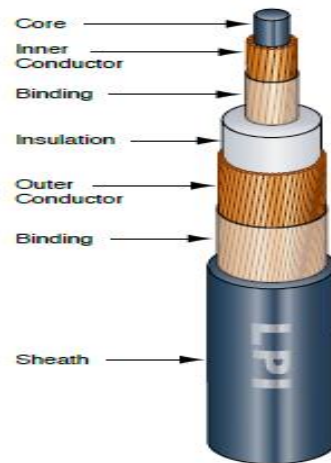
Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.

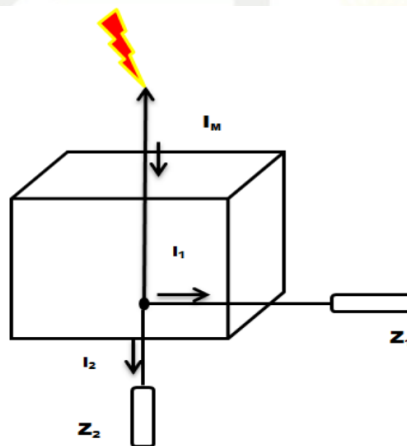


Gambar 2.21 Kabel HVSC (High Voltage Shielded Cable)

(Sumber : Lightning Protection International, 2010)

2.14. Sistem *Grounding* / Pembumian

Untuk mendapatkan perancangan yang baik dapat dilakukan dengan cara membuat nilai resistansi pada pembumian sekecil mungkin sehingga sebagian besar arus yang dibawa oleh petir dapat disalurkan ke tanah seperti yang diilustrasikan pada gambar 2.23. dibawah ini.



Gambar 2.22 Ilustrasi Perancangan Sistem Pembumian Gedung

(Sumber : Hasse, 2007 : 48)

Pada gambar diatas ini, diketahui bahwa Z_1 adalah besar impedansi jaringan, sedangkan Z_2 adalah impedansi pentanahan dari suatu sistem pembumian pada gedung. Saat terjadinya petir yang menyambar gedung dengan nilai arus puncak sebesar I_M maka besar arus petir yang dibuang ke tanah I_2 adalah sebesar : (Hasse, 2008).



$$I_2 = \frac{Z_1}{Z_1 + Z_2} I_M \quad (2.40)$$

Sehingga apabila nilai $Z_1 \gg Z_2$, maka sebagian besar arus yang dibawa oleh petir dapat dibuang ke tanah, dan sebagian kecil masuk ke dalam peralatan listrik. Hal inilah yang dapat mengurangi resiko kerusakan yang terjadi pada peralatan – peralatan listrik didalam gedung.

Hak Cipta Dengan Undang-Undang

1. Dilarang menyalin sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



BAB III

METODE PENELITIAN

Pada bab 3 ini akan membahas mengenai metodologi penelitian yang akan dilakukan untuk proses perancangan sistem proteksi petir internal di gedung rektorat UIN SUSKA RIAU. Metodologi penelitian ini meliputi :

1. Deskripsi Lokasi Untuk Perancangan Proteksi Petir Internal
2. Diagram Aliran Perancangan
3. Penarikan Kesimpulan dan Saran

3.1. Deskripsi Lokasi Untuk Perancangan Proteksi Petir Internal

Untuk melakukan perancangan sistem proteksi petir internal di gedung rektorat UIN SUSKA RIAU perlu terlebih dahulu mengetahui perkiraan keadaan kelistrikannya. UIN SUSKA RIAU mendapatkan suplay dari PLN (20 kV/0,4 kV), trafo berkapasitas 1000 kVA, untuk seluruh bangunan yang ada di kampus UIN SUSKA RIAU. Gedung rektorat UIN SUSKA RIAU mendapatkan daya listrik yang paling banyak yaitu sebesar 376,185 kVA. Fungsinya untuk tempat pelayanan administasi universitas, memiliki ruangan rapat penting universitas. Di gedung rektorat sudah memasang proteksi petir eksternal dan proteksi petir internal yang berupa arrester yang berkapasitas 16 kA, yang dipasang di panel utama yang berada di lantai dasar fungsinya untuk melayani aliran listrik untuk semua ruangan dari lantai pertama sampai ke lantai lima. Di ruang panel utama ini akan membagi ke ruang panel pembagi setiap lantai, dimana setiap lantai juga memiliki ruang panel yang fungsinya sebagai ruang kontrol kelistrikan untuk semua ruangan yang ada di setiap lantai yang memiliki peralatan listrik dan elektronik. Semua ruangan dari ke lima lantai tersebut memiliki stop kontak, dan *socket* untuk keperluan teknologi informasi tergantung dari fungsi masing – masing ruangan tersebut.

UIN SUSKA RIAU



3.2. Diagram Alur Perancangan

Untuk perancangan sistem proteksi petir internal pada gedung rektorat UIN SUSKA RIAU dapat digambarkan pada diagram alir perancangan seperti pada gambar dibawah ini:



Gambar 3.1 Flow Chart Penelitian



3.2.1. Studi Literatur

Studi literaturnya dengan mengumpulkan beberapa penelitian yang berkaitan untuk bahan referensi agar mempermudah proses pengerjaan dalam menyelesaikan masalah secara ilmiah. Studi literatur dalam penelitian bertujuan untuk memahami berbagai hal tentang sistem proteksi petir internal pada gedung, data yang dibutuhkan seperti parameter petir, distribusi arus petir, mekanisme masuknya surja pada bangunan, zona proteksi petir, arester, dan bonding ekipotensial.

3.2.2. Pengumpulan Data

Pengambilan data digunakan untuk proses pengerjaan skripsi dengan menggunakan data primer dan data sekunder, yang dapat dicari dari buku referensi, jurnal, dan lain – lain. Data primer yaitu data yang didapatkan oleh peneliti secara langsung dari sumber datanya. Teknik yang dapat digunakan untuk mengumpulkan data primer bisa dengan wawancara langsung atau bisa dengan diskusi terfokus dan penyebaran kuesioner. (Suryana, 2010).

Data primernya yaitu, data hari guruh dari BMKG, data konstruksi gedung rektorat, data spesifikasi gedung rektorat alat proteksi petir eksternal dan internal yang ada pada gedung rektorat, nama ruang dan fungsi ruang dari tiap - tiap lantai gedung Rektorat UIN SUSKA RIAU karena setiap ruangan memiliki peralatan listrik dan elektronik yang ada didalam gedung rektorat UIN SUSKA RIAU.

Sedangkan data sekunder merupakan data yang sumbernya sudah ada. Data sekunder dapat diperoleh dari berbagai sumber seperti Biro Pusat Statistik (BPS), buku, laporan, jurnal, dan lain-lain (Suryana, 2010).

Data sekunder tersebut adalah sebagai berikut :

- a. Data parameter arus petir pada tabel 2.1 yaitu tingkat proteksi petir yang dibutuhkan untuk penentuan tegangan induksi elektromagnetik yang bisa masuk ke dalam bangunan dan penentuan berapa kenaikan tegangan pada titik pembumian.

3.2.3. Data Hari Guruh dari BMKG

Data hari guruh di pekanbaru digunakan untuk mengetahui bahwa kota Pekanbaru memiliki resiko sambaran petir yang cukup tinggi dan mengetahui seberapa besar kebutuhan bangunan gedung dan peralatan listrik dan elektronik di dalam gedung Rektorat UIN SUSKA RIAU akan proteksi petir. Data tersebut terdapat pada tabel berikut :



Tabel 3.1 Data Hari Guruh Pertahun Kota Pekanbaru

Besaran / Parameter	Nilai
Data IKL (hari guruh rata-rata pertahun) (hari) (fg)	136
Letak Geografis (Garis Lintang) (Derajat) (Li)	00.28 LS
Letak Geografis (Garis Bujur) (Derajat)	101.27 BT
Curah hujan rata-rata pertahun (mm/th)	3073.8
Tinggi awan terendah (m) (Ha)	304.8
Tinggi diatas permukaan laut (m)	31

(Sumber : BMKG Pekanbaru, 2015)

3.2.4. Gambar Gedung Rektorat UIN SUSKA RIAU



Gambar 3.2 Gedung Rektorat UIN SUSKA RIAU

(Sumber : Bagian Perancangan Gedung Rektorat UIN SUSKA RIAU, 2018)

3.2.5. Data Kontruksi Gedung Rektorat UIN SUSKA RIAU

Tabel 3.2 Data Konstruksi Bangunan Gedung Rektorat

Konstruksi Bangunan	Nilai
Tinggi Bangunan (h)	34 Meter
Panjang Bangunan (a)	44 Meter
Lebar Bangunan (b)	33 Meter



Luas Bangunan (d)	1452 m ²
Jumlah Orang (n)	160 orang
Waktu Hadir (f)	2080/jam/tahun/orang
Jenis Bangunan dan Karakteristik Material	Beton
Permukaan Luar Gedung	Beton

Sumber : Bagian Perancangan Gedung Rektorat UIN SUSKA RIAU (2016)

3.2.6. Data Spesifikasi Bahan Proteksi Petir Gedung Rektorat

Data spesifikasi peralatan proteksi petir eksternal bangunan Gedung Rektorat diperoleh dari Bapak Nurman Indra ditunjukkan pada tabel berikut :

Tabel 3.3 Spesifikasi alat proteksi petir eksternal bangunan Gedung Rektorat

Komponen Proteksi	Jenis Bahan / Sistem Proteksi	Bentuk	Ukuran (mm ²)	Panjang (m)	Jumlah (unit)
Terminasi Udara	Stormaster ESE-15	-	-	-	-
Konduktor Penyalur	HVSC	Pilin	50	70	1
Terminasi Bumi	Tembaga	Batang (rod)	70	12	6

(Sumber : Mariani, 2018)



Gambar 3.3 Proteksi Petir Eksternal Gedung Rektorat UIN SUSKA RIAU

(Sumber : Mariani, 2018)

Data spesifikasi peralatan proteksi petir internal bangunan gedung rektorat ditunjukkan pada tabel berikut :



Tabel 3.4 Spesifikasi peralatan proteksi petir internal pada gedung rektorat

Peralatan Proteksi	Terpasang / Tidak Terpasang	Penempatan Peralatan Proteksi
Arrester Listrik	Terpasang	Panel MDP / Panel Utama
Arrester Data	Tidak terpasang	-
Arrester Antena	Tidak Terpasang	-

3.3. Identifikasi Fungsi Pada Tiap Ruangan

Untuk menentukan fungsi ruang dari tiap – tiap lantai yang membutuhkan proteksi petir.

Tabel 3.5 Nama ruang dan fungsi ruang dari tiap - tiap lantai gedung Rektorat UIN SUSKA RIAU

No	Lantai	Ruangan	Fungsi Ruangan	Keperluan Proteksi
1	1	R. Bagian Umum	Pengurusan seluruh administrasi umum	Perlu
2	1	R. Bagian Kemahasiswaan	Pengurusan administrasi kemahasiswaan	Perlu
3	Seluruh Lantai	R. Panel	Alat yang mendistribusikan energi listrik dari sumber ke beban	Perlu
4	1	R. Pantry	Menyimpan barang-barang atau makanan	Tidak Perlu
5	1	R. Bagian Akademik	Memberikan pelayanan yang bersifat kepentingan administrasi akademik.	Perlu
6	1	Ruang Kepala Bagian Akademik	Untuk informasi akademik	Perlu



7	1	R. Mushallah	Tempat untuk melakukan Shalat	Tidak Perlu
8	2	R. Kepala Biro	Ruangan bagi kepala biro administrasi umum, perancangan dan keuangan	Perlu
9	2	R. Rapat Biro	Untuk ruang rapat biro	Perlu
10	2	R. Bagian Kerjasama	Memberikan pelayanan yang bersifat kepentingan administrasi kerjasama	Perlu
11	2	R. Bagian Kepegawaian	Memberikan pelayanan yang bersifat kepentingan administrasi kepegawaian	Perlu
12	2	R. Sekretariat PAPD	Pusat analisa dan pelaporan data	Perlu
13	3	R. Lembaga Konsultasi Bantuan Hukum	Memberikan pelayanan yang bersifat kepentingan konsultasi dan bantuan hukum	Perlu
14	3	R. Pusat Pengembangan Bisnis	Memberikan pelayanan yang bersifat kepentingan pengembangan bisnis	Perlu
15	3	R. Koperasi	Ruang koperasi, RIP office, Halal food Centre, International Office.	Perlu
16	3	R. Bagian Perencanaan	Memberikan pelayanan yang bersifat perencanaan	Perlu
17	3	R. Bagian Keuangan	Urusan administrasi keuangan	Perlu
18	3	R. Satuan Pemeriksaan Intern	Memberikan pelayanan yang bersifat pemeriksaan intern	Perlu
19	4	R. Rektor	Ruangan Rektor	Perlu

- 7 Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang menyalin, mengutip, atau memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masa
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



20	4	R. Wakil Rektor I	Bidang akademik dan pengembangan lembaga	Perlu
21	4	R. Wakil Rektor II	Bidang administrasi umum, perencanaan dan keuangan	Perlu
22	4	R. Wakil Rektor III	Bidang kemahasiswaan dan dan kerjasama	Perlu
23	4	R. Senat	Ruangan senat	Perlu
24	4	R. Rapat Pimpinan	Ruangan rapat bagi pimpinan	Perlu
25	4	R. Bagian Humas	Hubungan masyarakat, dokumentasi dan publikasi	Perlu
26	5	R. Rapat Senat	Tempat melaksanakan rapat bagi para senat	Perlu
27	5	R. Auditorium	Ruangan untuk kegiatan-kegiatan pertemuan	Tidak perlu
28	5	R. Unit Layanan Pengadaan	Memberikan pelayanan yang bersifat layanan pengadaan	perlu
29	Seluruh Lantai	Toilet	Kamar kecil	Tidak Perlu
30	Atap	Ruang Motor Lift	Untuk memberikan pelayanan ke lantai yang diinginkan	Perlu

1. Dianggap menipu sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masa
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



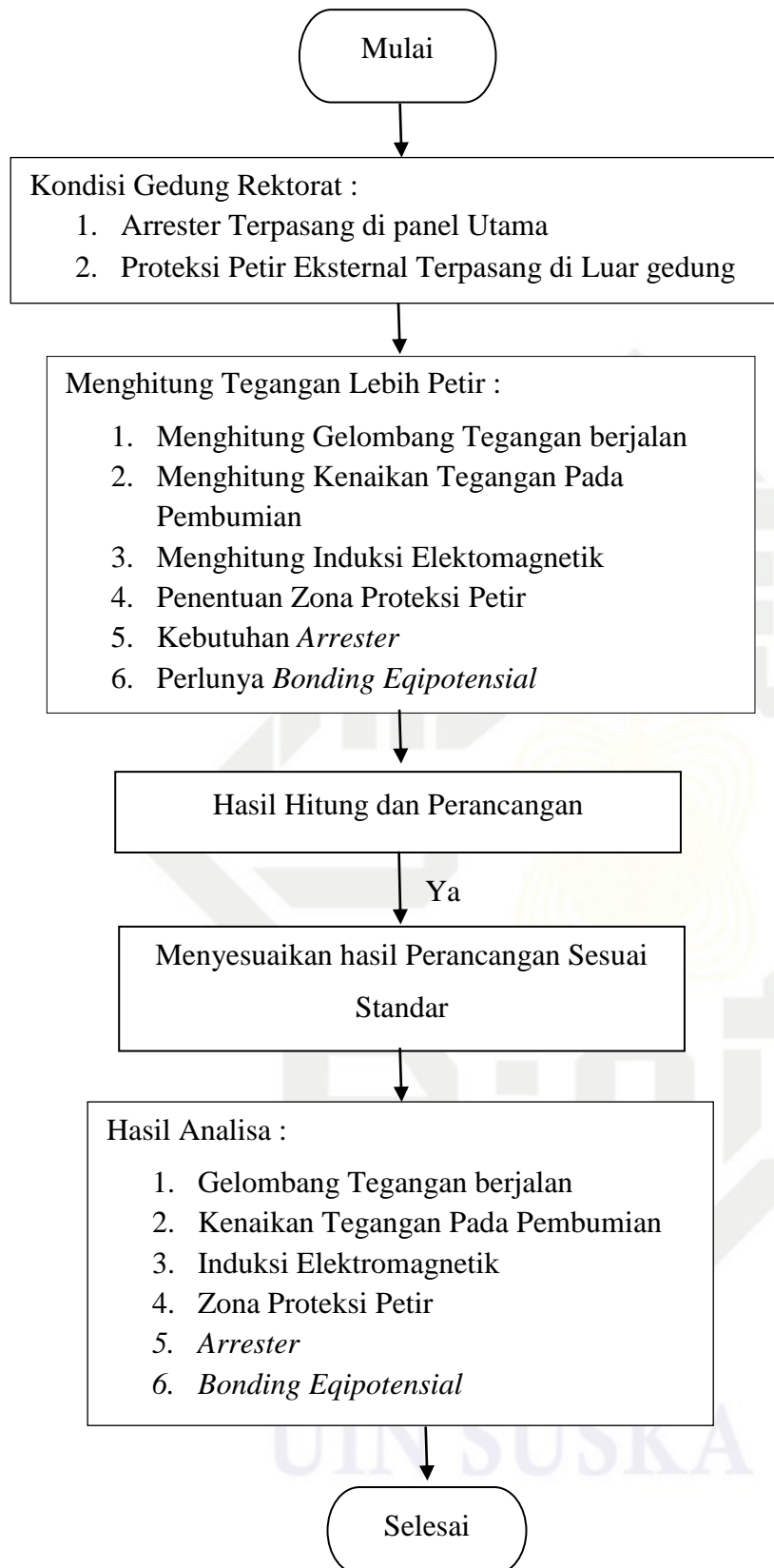
3.4. Analisa Tegangan Lebih Petir

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

© Hak cipta milik UIN Suska Riau

State Islamic University of Sultan Syarif Kasim

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masa
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



Gambar 3.4. Analisa Tegangan Lebih Petir



3.4.1. Analisis Gelombang Tegangan Berjalan

Menghitung gelombang tegangan berjalan yang akan masuk ke dalam panel utama gedung rektorat UIN SUSKA RIAU, dapat dilakukan dengan cara menghitung impedansi surja kawat saluran udara 20 kV dan trafo distribusi yang mensuplay gedung rektorat UIN SUSKA RIAU, datanya dapat dilihat pada Tabel 2.3 dengan memakai persamaan (2.18).

Kemudian melakukan perhitungan berapa besar nilai koefisien pantulan untuk tegangan dengan menggunakan persamaan (2.26), dan gelombang tegangan terusan dengan menggunakan persamaan (2.27). Langkah selanjutnya, melakukan perhitungan terhadap tingkat ketahanan impuls petir terhadap tingkat isolasi dasar (TID) transformator dengan menggunakan persamaan (2.21) dan Tabel 2.6. Sehingga didapatkan perhitungan gelombang tegangan berjalan yang masuk ke dalam panel utama gedung rektorat dengan menggunakan persamaan (2.31) sampai dengan persamaan (2.33).

Adanya perkiraan kondisi kelistrikan pada gedung rektorat UIN SUSKA RIAU diperlukan untuk mendapatkan perkiraan berapa banyaknya percabangan dari sisi MDP (*Main Distribution Panel*) hingga pada sisi SDP (*Sub Distribution Panel*). Kemudian mencari impedansi surja tiap kabel yang terhubung dari sisi MDP hingga ke sisi SDP dengan menggunakan persamaan (2.19) dan menggunakan Tabel 2.4 dan Tabel 2.5. Sehingga didapatkan berapa besar koefisien terusan tiap percabangan dengan menggunakan persamaan (2.31). Perhitungan akan dilakukan mulai dari sisi MDP hingga ke sisi SDP pada tiap layanan kelistrikan dari lantai 1 hingga ke lantai 5.

3.4.2. Analisis Kenaikan Tegangan Pada Titik Pembumian

Gedung rektorat UIN SUSKA RIAU untuk sistem proteksi petir eksternal yang diteliti oleh Mariani (2018) mendapatkan tahanan pembumian sebesar $4,54 \Omega$ yang dapat memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-7015-2004 yaitu $< 5 \text{ ohm}$. Sehingga dapat menghitung kenaikan tegangan pada titik pembumian dengan menggunakan persamaan (2.3) dan menggunakan data tingkat proteksi petir yang dapat dilihat dari Tabel 2.1.

3.4.3. Tegangan Induksi Elektromagnetik

Untuk mengetahui seberapa besar tegangan lebih akibat dari sambaran petir tidak langsung yang menyebabkan timbulnya tegangan induksi, maka perlu diperhatikan bahwa hal ini berdampak pada kecuraman arus puncak petir ($di/dt \text{ maks}$). Tegangan induksi dapat



terjadi pada bahan konduktor yang ada diluar bangunan menuju ke kabel peralatan listrik dan elektronik di dalam bangunan. Gedung rektorat memiliki tingkat proteksi III berdasarkan penelitian dari Mariani tahun 2018, dapat dilihat pada Tabel 2.1. Pada tingkat proteksi III memiliki arus puncak petir sebesar 100 kA. Maka hal pertama yang harus dilakukan adalah mengetahui jarak kabel penyalur yang ada di gedung dengan bangunan gedung rektorat dengan menggunakan persamaan (2.38).

Setelah mengetahui jarak kabel penyalur dengan gedung, kemudian baru mencari jari – jari kabel penyalur tersebut. Setelah mendapatkan jari – jari kabel penyalur, maka dapat dicari seberapa besar kenaikan rata – rata arus petir yang bisa masuk ke dalam gedung dengan menggunakan persamaan (2.17) dan data pada Tabel 2.2. Induksi petir dapat menimbulkan adanya loop karena kabel penyalur yang dialiri arus petir berdekatan dengan kabel instalasi listrik dari sistem proteksi pada bar bonding ekipotensial dihitung dengan menggunakan persamaan (2.12). Untuk *loop* yang lain terjadi karena berada diantar dua jaringan instalasi listrik yang berada di dalam gedung yang terlindungi dari sambaran petir secara langsung dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.14). Kemudian adanya loop juga berpengaruh pada bentuk dari pemasangan kabel instalasi listrik baik secara vertical maupun horizontal untuk mengetahui koefisiennya dapat melihat gambar 2.8 dan 2.9. Kemudian untuk menghitung tegangan induksinya dapat menggunakan persamaan (2.15) dan (2.16).

3.5. Zona Proteksi Petir

Zona Proteksi Petir agan *Lightning Protection Zone* (LPZ), tujuan merancang nya

3.6. Kebutuhan Arrester

Di Indonesia terdapat banyak macam merk *arrester* yang bisa digunakan untuk tegangan rendah yang sesuai standar nasional Indonesia (SNI), seperti *schneider electric*, OBO, Leytey, phoenix contact, dan lain-lain tergantung dengan keinginan pemakainya. Pemasangan alat proteksi petir harus sesuai dengan Standar Nasional Indonesia adalah untuk mengetahui jenis arrester yang cocok pada lokasi atau ruangan di dalam gedung rektorat. Pembagian zona proteksi petir dapat ditentukan berdasarkan ruangan pada setiap lantai. Batas yang digunakan adalah LPZ 1, yang merupakan ruangan – ruangan yang pertama didalam gedung rektorat. Kemudian batas pada LPZ 2 merupakan ruangan – ruangan setelah LPZ 1 baik dari sisi depan, sisi belakang, sisi kanan maupun sisi kiri.



(SNI) 03-7015-2004, yaitu untuk pemasangan proteksi petir berupa *arrester* sebaiknya dipasang secara bertingkat agar bisa mengurangi arus listrik yang dialirkan ke pembumian karena ukuran luas penampang kabel penyalur petir di gedung rektorat sebesar 16 mm^2 , itu ukuran standar dari kabel penyalur petir. Alangkah baik nya jika ukuran luas penampang kabel petir diperbesar karena semakin besar luas penampang kabel penyalur petir maka akan semakin cepat arus petir mengalir ke pembumian.

3.7. Bonding Equipotensial / Peralatan Penyama Tegangan

Untuk mendapatkan fungsi *grounding* yang baik, sebaiknya setiap *grounding* yang terpasang baik pada *grounding* untuk proteksi petir eksternal maupun *grounding* untuk proteksi petir internal maka perlu dirancang bonding equipotensial supaya tidak terjadinya kerusakan pada grounding akibat sambaran petir langsung yang sangat membahayakan gedung dan seluruh peralatan listrik dan elektronik di dalam gedung rektorat.

3.8. Hasil dan Analisa

Tahapan yang dilakukan yang pertama adalah mencari seberapa besar gelombang tegangan tegangan berjalan, kemudian mencari berapa besar tegangan pada pembumian, Selanjutnya mencari seberapa besar tegangan induksi elektromagnetik yang bisa masuk ke dalam gedung rektorat akibat dari sambaran petir tidak langsung. Setelah mendapatkan hasil perhitungan dari berapa besarnya tegangan induksi yang masuk ke dalam gedung maka selanjutnya menentukan zona proteksi petir pada setiap ruangan yang ada di dalam gedung rektorat. Setelah itu barulah menentukan kebutuhan arrester yang akan dipasang sesuai dengan pembagian kelas arrester. Sebaiknya pemasangan arrester sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-7015-2004, untuk pemasangan proteksi petir berupa arrester sebaiknya dipasang secara bertingkat agar bisa mengurangi arus listrik yang dialirkan ke pembumian.

Untuk *arrester* jaringan data yaitu jaringan LAN untuk komputer bisa dipasang arrester yang kapasitasnya tidak terlalu besar dari pada yang dipasang pada panel utama maupun panel pembagi.

Tahap pertama yang perlu diperhatikan ialah keadaan kelistrikan gedung rektorat UIN SUSKA RIAU. Gedung rektorat mendapatkan suplay dari PLN yang paling besar dari gedung yang lain, yaitu kapasitas SDP dari trafo UIN SUSKA RIAU sebesar 376,185 KVa, 20 kV/400 V, 3 fasa, frekuensi 50 Hz, yang sumbernya ada di ruang panel utama



(MDP) di lantai dasar sebagai ruang kontrol seluruh kelistrikan. Fungsinya untuk melayani semua ruangan dari lantai pertama sampai ke lantai lima. Di ruang panel utama ini akan membagi ke ruang panel setiap lantai, dimana setiap lantai juga memiliki ruang panel yang fungsinya sebagai ruang kontrol kelistrikan untuk semua ruangan yang ada di setiap lantai yang memiliki peralatan listrik dan elektronik. Gelombang surja yang merambat dari kawat saluran udara 20 kV memiliki impedansi surja yang dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.18). Pada fasa kawat saluran udara memiliki nilai $h = 8,5$ m, dan $r = 5,5$ mm. Sehingga akan didapatkan nilai impedansi surja sebagai berikut :

$$Z = 60 \ln \frac{2h}{r} \Omega$$

$$Z = 60 \ln \frac{2 \cdot 8,5}{5,5 \cdot 10^{-3}}$$

$$Z = 482,2 \Omega$$

Sehingga impedansi surja kawat saluran udara 20 kV yang digunakan analisis ini sebesar 500Ω . Kemudian gelombang surja akan merambat menuju trafo distribusi tegangan menengah berdaya 1500 kVA yang memiliki impedansi tinggi berdasarkan Tabel 2.4 sebesar 6000Ω . Gelombang surja ketika sampai ke trafo akan mengalami pantulan dan terusan tegangan karena adanya peralihan nilai impedansi trafo dengan koefisien pantulan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.23) dengan nilai Z_1 adalah nilai impedansi surja dari kawat saluran udara, dan Z_2 adalah impedansi trafo. Maka koefisien pantulan dapat dihitung sebagai berikut :

$$\Gamma = \frac{Z_2 - Z_1}{Z_1 + Z_2}$$

$$\Gamma = \frac{6000 - 500}{500 + 6000}$$

$$\Gamma = 0,846$$

Selanjutnya, dengan menggunakan persamaan (2.24) maka akan didapat koefisien terusan yaitu sebesar :

$$T = \frac{2Z_2}{Z_1 + Z_2}$$

$$T = \frac{2 \cdot 6000}{6500}$$

$$T = \frac{12000}{6500}$$

$$T = 1,846$$



Sedangkan untuk tingkat tegangan ketahanan impuls petir terhadap TID transformator di tegangan 20 kV ditentukan dengan menggunakan persamaan (2.18) adalah sebagai berikut :

$$U_{max} = U_{nominal} \cdot 1,1$$

$$U_{max} = 20 \cdot 1,1$$

$$U_{max} = 22 \text{ kV}$$

Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



UIN SUSKA RIAU



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Dari hasil perhitungan yang penulis lakukan maka didapatkan kesimpulan dari penelitian Tugas Akhir ini sebagai berikut :

1. Selain dipasang alat proteksi petir eksternal di gedung rektorat UIN SUSKA RIAU maka perlu juga pemasangan proteksi petir internal untuk melindungi peralatan elektronik yang ada di setiap ruangan di dalam gedung rektorat, karena induksi dari sambaran petir juga berbahaya bagi peralatan elektronik.
2. *Arrester* yang sudah terpasang pada gedung rektorat belum tentu mampu untuk melindungi peralatan elektronik akibat dari bahaya sambaran petir tidak langsung karena didapatkan bahwa terjadinya kenaikan tegangan pada titik pembumian sebesar 454 kV. Hal inilah yang bahaya pada gedung dan semua peralatan yang ada didalamnya. Arus petir yang mengalir dari pembumian yang mengalir ke kabel penyalur petir yang langsung terhubung dengan kabel untuk instalasi listrik, kabel instalasi data, maupun kabel untuk jaringan internet dan jika dihadap oleh *arrester* yang sudah terpasang maka tidak akan mampu melawan arus petir yang tegangannya yang cukup besar.
3. Untuk melindungi peralatan elektronik dari bahaya sambaran petir tidak langsung maka perlu dipasang proteksi petir internal berupa *arrester*. Untuk pemasangan kelas *arrester* disesuaikan dengan Standar IEC (*International Electrotechnical Commission*) dan VDE (*Verband Deutscher Electrotechniker*) tentang tingkat perlindungan suatu sistem proteksi terhadap tegangan berlebih, penanganan instalasi kelistrikan dan sistem pentanahan yaitu pemasangan *arrester* kelas B sebesar 4 kV dipasang pada jalur masuk kabel jaringan listrik dan kabel jaringan data yaitu di panel utama. Kemudian untuk kelas C sebesar 2,5 kV dipasang pada panel SDP (*Sub Distribution Panel*), dan pada kelas D yang memiliki kategori I sebesar 1,5, dan kategori II sebesar 0,8 kV bisa dipasang pada stop kontak bawaan gedung. Kemudian untuk kategori II sebesar 0,8 kV dipasang pada antena untuk televisi, jaringan telepon / PABX dan jaringan LAN / internet.
4. Sebesar 454 kV yang didapat dari hasil kenaikan tegangan pada pembumian, inilah yang sangat dikhawatirkan, jika hal ini terjadi maka menyebabkan beda



tegangan yang cukup tinggi yang dapat masuk melalui kabel jaringan listrik dan elektronik dan bahkan melebihi kapasitas yang dimiliki oleh *arrester* yang sudah terpasang. Agar kejadian ini tidak terjadi maka dibutuhkan pemasangan *bonding equipotensial* atau ikatan penyalut tegangan yang menghubungkan grounding yang terpasang baik pada *grounding* proteksi petir eksternal, *grounding* proteksi petir internal.

5.2. Saran

Saran yang dapat diberikan untuk pengembangan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Sebaiknya data hari guruh yang digunakan dalam perancangan sistem proteksi petir internal menggunakan data yang terbaru, karena hari guruh setiap tahunnya tidak selalu sama atau bisa berbeda – beda.
2. Sebaiknya dilakukan pengujian langsung pada peralatan *arrester* yang sudah terpasang, seberapa besar tegangan yang bisa disalurkan ke pembumian. Supaya bisa mengetahui apa bisa melindungi semua peralatan elektronik didalam gedung rektorat. Sehingga bisa mendapatkan hasil yang diharapkan jika suatu saat nanti terjadi sambaran petir yang menghasilkan arus petir yang cukup besar.



DAFTAR PUSTAKA

- Zoro, Reynaldo. 1987. *Proteksi Terhadap Tegangan Lebih Pada Sistem Tenaga Listrik*. Bandung : Institut Teknologi Bandung
- Budi, Vegalira Permata. 2014. *Analisis Sistem Arrester pada Bangunan Bertingkat (Studi pada Gedung Akademi Pariwisata Jakarta International Hotels)*. Jakarta : Universitas Negeri Jakarta
- Saragi, Irwan Rinaldi. 2012. *Sistem Proteksi Petir Internal dan Eksternal*. Medan : Universitas Medan
- Jamaaludin, Sumarno. 2017. *Perencanaan Sistem Pertanahan Tenaga Listrik Terintegrasi pada Bangunan*. Sidoarjo : Universitas Muhammadiyah Sidoarjo
- Badri, Sepanur. 2014. *Sistem Proteksi Petir Internal dan Eksternal*. Padang : Institut Teknologi Padang
- Hase, Peter. 2008. *IET Power and Energy Series 33 : Overvoltage Protection of Low Voltage System Second Edition*. London : The Institute of Engineering and Technology
- DEHN. 2007. *Lightning Protection Guide*. Jerman : DEHN+SOHNE
- Septian, Mahadi. 2014. *Desain Sistem Proteksi Petir Internal pada Pembangkit Listrik Tenaga Surya Kuala Behe Kabupaten Landak*. Pontianak : Universitas Tanjungpura
- Mariani. 2017. *Perancangan Sistem Proteksi Petir Eksternal menggunakan Metode Early Streamer Emission di Gedung Rektorat UIN SUSKA RIAU*. Pekanbaru : Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau
- Soemarwanto, dkk. 2014. *Perancangan Sistem Proteksi Petir Internal pada Condotel Borobudur Blimbing Kota Malang*. Malang : Universitas Brawijaya
- Hutahuruk, Ir. T.S. 1989. *Gelombang Berjalan Proteksi Surja*. Jakarta : Erlangga
- Ni'mah, Maulidatun. 2017. *Evaluasi dan Perancangan Sistem Proteksi Petir Internal dan Eksternal Divisi Fabrikasi Baja pada Perusahaan Manufaktur*.
- Wikipedia Indonesia. 2019. <https://id.wikipedia.org/wiki/Petir> (Diakses pada tanggal 25 Februari 2019)
- Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (BMKG). 2015. Pekanbaru
- Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-7015-2004. 2004. *Sistem Proteksi Petir pada Bangunan Gedung*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional
- Standar Nasional Indonesia (SNI) 04-0225. 2000. *Persyaratan Umum Instalasi Listrik (PUIL)*. Jakarta : Badan Standarisasi Nasional

2. Dilarang mengemukakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.



DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Rosmanidar, lahir di Pakandangan, 17 September 1994. Penulis merupakan anak kedua dari Ali Suar dan Nur Zaiti yang beralamat di Pakandangan, Kecamatan Enam Lingsung, Kabupaten Padang Pariaman, Sumatera Barat.

Email : rosmanidar1709@gmail.com

HP : 0823 8679 1956

Pengalaman pendidikan yang dilalui bermula dari SD Negeri 04 Enam Lingsung (2001 – 2007) dan dilanjutkan di SMP Negeri 1 Enam Lingsung (2007 – 2010). Setelah menamatkan SMP, penulis melanjutkan pendidikan di SMA Negeri 1 Enam Lingsung (2010 – 2013). Kemudian kuliah di Program Studi Teknik Elektro Fakultas Sains dan Teknologi UIN SUSKA RIAU dan lulus pada tahun 2021. Penelitian Tugas Akhir berjudul “Perancangan Sistem Proteksi Petir Internal pada Gedung Rektorat UIN SUSKA RIAU”.

- Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh isi tulisan ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber:
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masa
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar UIN Suska Riau.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin UIN Suska Riau.